Physikalische Zeitschrift

Begründet von **E. Riecke** und **H. Th. Simon**

Herausgeber:
Professor Dr. **M. Born** und
Professor Dr. **P. Debye**

Schriftleiter:
Dr. **Erich Hückel** in Göttingen

Die Physikalische Zeitschrift erscheint monatlich zweimal im Umfange von zwei bis vier Bogen zum Preise von jährlich 200 Mark, bei unmittelbarer Zustellung unter Kreuzband 280 Mark, im Ausland je nach dem Valutastande. Bestellungen nehmen jede Buchhandlung, die Post sowie die Verlagsbuchhandlung entgegen. Anzeigen werden für die einmal gespaltene Petitzeile mit 6.— Mk., Beilagen nach Vereinbarung berechnet; bei Wiederholungen tritt Ermäßigung ein.

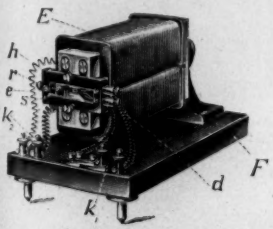
Alle Manuskriptsendungen und darauf bezügliche Zuschriften sind zu richten entweder an die Herausgeber: Professor Dr. M. Born, Göttingen, Planckstraße 21, und Professor Dr. P. Debye, Zürich, Physikgebäude, Gloriastr. 35 oder an die Schriftleitung: Dr. Erich Hückel, Göttingen, Bunsenstraße 9, Physikalisches Institut der Universität, alle Büchersendungen und Anzeigenaufträge an den

Verlag von **S. Hirzel** in Leipzig, Königstraße 2.

No. 13. 1. Juli 1922. No. 617. **23. Jahrgang.**

Phys.-mech. Institut von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn,

München.



Oscillograph

nach

Prof. Franz Wittmann,

Budapest.

Katalog 30 erschienen und ebenso wie Spezialliste No. 29 über Saitengalvanometer und Registrierapparate, Spezialliste No. 31 über einfache Präzisionsschulapparate gratis und franko.

Inhaltsverzeichnis:

(B. — Besprechungen; T. — Tagesereignisse.)

Seite

Actinium: Das Problem der Genesis des —, v. M. C. Neuburger. (B.) 270
Debye-Scherrer-Methode: Scharfe Spektrallinien bei kurzer Expositionszeit nach der —, v. H. Küstner . 257
Durrer, R. u. F. Wüst, Temperatur-Wärmeinhaltskurven wichtiger Metallegierungen. (B.) 271
Festigkeitslehre, v. A. Schau. (B.) 268
Gerlach, W., Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie. (B.) 272
Gravitationstheorie. Die Einsteinsche —, v. G. Mie. (B.) 271
Imhof, A., Demonstration stehender Wellen mit elektrisch erhitzten Drähten 262
Kolloidchemie und Photographie, v. H. Lüppo-Cramer. (B.) 270
Kolloidchemie: Kleines Praktikum der —, v. Wo. Ostwald. (B.) 272
Küstner, H., Scharfe Spektrallinien bei kurzer Expositionszeit nach der Debye-Scherrer-Methode . . 257
Laue, M. v., Die Relativitätstheorie. II. (B.) . . . 269
London, F., Die Bedingungen der Möglichkeit einer Maßbestimmung in einer physikalischen Mannigfaltigkeit und das Prinzip der Ähnlichkeit. (Z. B.) 262
Lüppo-Cramer, H., Kolloidchemie und Photographie. (B.) 270
Marx, E., Handbuch der Radiologie. I. (B.) . . . 269
Maßbestimmung: Die Bedingungen der Möglichkeit einer — in einer physikalischen Mannigfaltigkeit und das Prinzip der Ähnlichkeit, v. F. London. (Z. B.) 262
Mechanik: Aufgabensammlung zur theoretischen — nebst Auflösungen, v. Zech-Cranz. (B.) . . . 272
Metallegierungen: Temperatur-Wärmeinhaltskurven wichtiger —, v. F. Wüst u. R. Durrer. (B.) . 271
Metallographie in elementarer Darstellung, v. R. Ruer. (B.) 271
Mie, G., Die Einsteinsche Gravitationstheorie. (B.) . 271

Seite

Mineralogie: Lehrbuch der —, v. P. Niggli. (B.) . 268
Neuburger, M. C., Das Problem der Genesis des Actiniums. (B.) 270
Niggli, P., Lehrbuch der Mineralogie. (B.) . . . 268
Ostwald, Wo., Kleines Praktikum der Kolloidchemie. (B.) 272
Photographie: Kolloidchemie und —, v. H. Lüppo-Cramer. (B.) 270
Quantentheorie: Die experimentellen Grundlagen der —, v. W. Gerlach 272
Radiologie: Handbuch der —. I., v. E. Marx. (B.) 269
Relativitätstheorie: Die —. II., v. M. v. Laue. (B.) 269
Ruer, R., Metallographie in elementarer Darstellung. (B.) 271
Schau, A., Festigkeitslehre. (B.) 268
Spektrallinien: Scharfe — bei kurzer Expositionszeit nach der Debye-Scherrer-Methode, v. H. Küstner 257
Temperatur-Wärmeinhaltskurven wichtiger Metallegierungen, v. F. Wüst u. R. Durrer. (B.) 271
Wellen: Demonstration stehender — mit elektrisch erhitzten Drähten, v. A. Imhof 262
Wüst, F. u. R. Durrer, Temperatur-Wärmeinhaltskurven wichtiger Metallegierungen. (B.) 271
Zech-Cranz, Aufgabensammlung zur theoretischen Mechanik nebst Auflösungen. (B.) 272

Thermosäulen

zu kaufen gesucht. Angebote unter **S. H. 602** an den Verlag der Physikalischen Zeitschrift (S. Hirzel) in Leipzig, Königstraße 2 erbeten.

S. HIRZEL IN LEIPZIG.

W. PHILIPPI

Elektrische Fördermaschinen

Mit 136 Abbild. (VIII u. 304 Seiten mit Register.) Groß-8°. 1921

Elektrische Kraftübertragung

Mit 321 Abbild. und 4 Tafeln. (IV u. 386 Seiten mit Reg.) Groß-8°. 1905

Preise sind in jeder Buchhandlung oder beim Verlag zu erfragen

Neukonstruktionen

geodätischer und sonstiger wissenschaftlicher Instrumente und Apparate übernimmt unter vollster Wahrung des geistigen Eigentumsrechtes des Auftraggebers die

Konstruktions- und Versuchswerkstättenabteilung der INDUSTRIE-NEULAND Aktiengesellschaft

Dachauerstr. 13 MÜNCHEN Tel. 50784

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 13. 1. Juli 1922. Redaktionsschluß für No. 15 am 10. Juli 1922. 23. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:

H. Küstner, Scharfe Spektrallinien bei kurzer Expositionszeit nach der Debye-Scherrer-Methode. S. 257.

A. Imhof, Demonstration stehender Wellen mit elektrisch erhitzten Drähten. S. 262.

Zusammenfassende Bearbeitungen:

F. London, Die Bedingungen der Möglichkeit einer Maßbestimmung in einer physikalischen Mannigfaltigkeit und das Prinzip der Ähnlichkeit. S. 262.

Besprechungen:

A. Schau, Festigkeitslehre. S. 268.

P. Niggli, Lehrbuch der Mineralogie. S. 268.

E. Marx, Handbuch der Radiologie. I. S. 269.

M. v. Laue, Die Relativitätstheorie. II. S. 269.

M. C. Neuburger, Das Problem der Genesis des Actiniums. S. 270.

H. Lüppo-Cramer, Kolloidchemie und Photographie. S. 270.

G. Mie, Die Einsteinsche Gravitationstheorie. S. 271.

R. Kuer, Metallographie in elementarer Darstellung. S. 271.

F. Wüst und R. Durrer, Temperatur-Wärmeinhaltskurven wichtiger Metallegierungen. S. 271.

W. Gerlach, Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie. S. 272.

W. Ostwald, Kleines Praktikum der Kolloidchemie. S. 272.

Zech-Cranz, Aufgabensammlung zur theoretischen Mechanik nebst Auflösungen. S. 272.

Personalien. S. 272.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Scharfe Spektrallinien bei kurzer Expositionszeit nach der Debye-Scherrer-Methode.

Von H. Küstner.

(Mit Tafel X).

Den Vorzügen der Debye-Scherrer Methode — Verwendbarkeit pulverförmiger Präparate, Erschließung der Kristallstruktur aus einer einzigen Aufnahme — standen bisher gewisse Nachteile gegenüber: Geringe Schärfe der Ringe und damit geringere Meßgenauigkeit und lange Expositionszeiten.

Die Schärfe der Debye-Scherrer-Methode ist von Verschiedenen zu steigern versucht worden. So durch Anordnung des Pulvers auf einer Zylinderfläche von Seemann[1]), Bohlin[2]) und Brentano[3]). Indessen haben diese Methoden keine weitere Verbreitung gefunden.

Der andere Nachteil der Debye-Scherrer-Methode, die lange Expositionszeit, ist darauf zurückzuführen, daß im allgemeinen nur ein kleiner Teil des Präparates von den Röntgenstrahlen getroffen wird und zur Reflexion beitragen kann.

Beiden Mängeln suchte Gerlach[4]) zu begegnen, indem er einen Spalt statt einer Lochblende verwendete und so die Intensität und damit die Schärfe steigerte, wie auch die Expositionszeit kürzte. Dieses Verfahren ist vom Verf. zu einem Präzisionsverfahren ausgebaut worden.

Wird ein Kristallpräparat nur in einem Punkt von einem monochromatischen Röntgenlichtstrahl getroffen, so entstehen die bekannten Debye-Scherrerschen Ringe. Wird es längs einer geraden Linie getroffen, so ist jeder Punkt derselben Entstehungsherd eines solchen Ringes; längs der Einhüllenden überlagern sich die Einzelkreise, und der Film zeigt infolgedessen schon bei kürzerer Expositionszeit eine stark geschwärzte Spektrallinie.

I. Bedient man sich nun derjenigen Röntgenstrahlung, die die Antikathode tangential verläßt, so gewinnt man dadurch eine Reihe Vorteile.

Erstens ist dann, auch bei ausgedehnterem Brennfleck, die Lichtquelle geradezu mathematisch genau strichförmig. Man kann deshalb auf einen Spalt verzichten und das Präparat bis auf einige Zentimeter an den Brennfleck heranbringen, wodurch man Expositionszeit spart.

Zweitens läßt sich bei einer genau strichförmigen Lichtquelle die Korrektur auf Reflexion in der Mitte des Präparates genau berechnen.

Drittens ist die Emission des störenden kontinuierlichen Spektrums in dieser tangentialen Richtung ein Minimum.

II. Man muß zwischen „reflektierter" Strahlung und diffus gestreuter Strahlung unterscheiden. Während die Reflexionsfähigkeit in erster Linie von der Kristallstruktur und Temperatur des Präparates abhängt, wird die diffuse Streuung fast nur durch sein Atomgewicht und seine Dichte bestimmt. „Reflexion" findet fast ausschließlich an der Oberfläche des stäbchenförmigen Präparates statt. Im übrigen absorbiert das Präparat und streut dementsprechend stark diffus. Daher kommt die unangenehme Schwär-

1) Seemann, Ann. **59**, 455, 1919.
2) Bohlin, Ann. **61**, 421, 1920.
3) Brentano, Arch. sc. phys. et nat. (5) I, 550, 1919; **44**, 66, 1917; Verh. Schweiz. naturf. Ges. Lugano 1919, II, 87, 1920.
4) W. Gerlach, Zeitschr. f. Phys. **7**, 116, 1921.

zung des Films, die die Spektrallinie leicht ganz unkenntlich macht. Man kann nun die tangentiale Reflexion maximal ausnutzen und die diffuse Streuung auf ein Minimum reduzieren, wenn man das pulverförmige Präparat in dünner Schicht um einen leichten, — also wenig streuenden — zylindrischen Träger anordnet, z. B. wenn man es auf einen Seidenfaden klebt. Man spart dadurch auch außerordentlich an Material. Auf diese Weise wurden vom Verf. sehr schöne Spektralaufnahmen erzielt. Auf ihnen erscheinen die Spektrallinien an beiden Rändern tief schwarz und haarscharf, wie mit einer Reißfeder nachgezogen, was davon herrührt, daß der Tangentialstrahl bei dieser Anordnung das Präparat auf maximalem Wege durchsetzt und an vielen Einzelkristallen zur Reflexion gelangt, im Gegensatz zu den das Präparat in der Mitte durchsetzenden Strahlen.

Bei Substanzen, deren Reflexionsvermögen so gering war, daß es anfangs nicht gelingen wollte, Spektrallinien zu erhalten, führte ausnahmslos folgende Regel zum Erfolg: Wähle das Pulver so feinkörnig wie möglich, kratze rücksichtslos wieder vom Faden ab, so daß mit unbewaffnetem Auge nur noch die Färbung des Fadens zu erkennen ist, und exponiere länger, etwa 600 MA-Minuten!

III. Besonders für Aufnahmen solcher Präparate, die geringes Reflexionsvermögen besitzen, muß das Auftreten von Sekundär- und Tertiärstrahlung an Teilen der Kamera aufs sorgsamste vermieden werden. Aus diesem Grunde wurde der Kamera — unter Berücksichtigung der unter I und II behandelten Punkte — folgende Form gegeben.

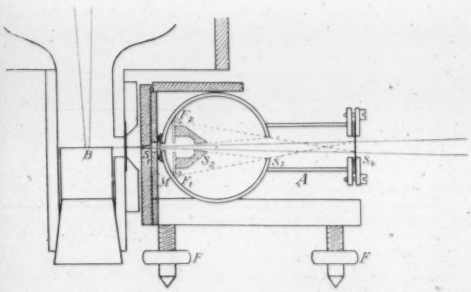


Fig. 1.

Die Röntgenstrahlen (s. Fig. 1), die vom Brennfleck B ausgehen, verlassen tangential die Antikathode, fallen durch den verstellbaren Bleispalt S_1 von 0,8 mm Breite und 4 mm Länge, der auf die Messingplatte M montiert ist, und treten dann durch ein mit Pizein aufgeklebtes Glimmerfenster in die zylindrische Kamera ein. Ohne diese zu berühren, verlassen sie dieselbe gegenüber wieder durch den Spalt S_4 von 8×50 mm Weite und fallen in den Ansatz A, aus welchem sie durch den gummigedichteten und mit Aluminium verdeckten, ebenso großen Spalt S_4 ins Freie gelangen. Zur sorgfältigen Abblendung der am Bleispalt S_1 und am Glimmerfenster entstehenden Sekundärstrahlen dient der Bleispalt S_2. Er wird vom Primärstrahl nicht berührt. Vermöge seiner konischen Gestalt zwingt er die an seiner dem Brennfleck zugekehrten Seite von der Sekundärstrahlung erzeugte Tertiärstrahlung, die Kamera durch Spalt S_3 zu verlassen. Die vom Primärstrahl am Aluminiumfenster S_4 ausgelöste Sekundärstrahlung wird durch Spalt S_3 so begrenzt, daß sie nur auf den Fußpunkt des Spalts S_2 fällt, wo kein Film mehr ist. Zur Erzeugung von tertiärer Strahlung ist diese am Aluminium ausgelöste Sekundärstrahlung zu schwach. Durch diese Anordnung ist jede Sekundärstrahlung und jede schädliche Tertiärstrahlung unterdrückt, was sich für Aufnahmen von Substanzen mit schlechtem Reflexionsvermögen als unumgänglich nötig erwies. Insbesondere ist auf die genaue Form von Spalt S_2 Wert zu legen. Allein bei Einhaltung dieser Vorsichtsmaßregeln gelang es, selbst bei mehrstündiger Exposition ohne Präparat, den Film ganz wasserklar zu erhalten. Der Film selbst bedeckt die Innenwandung der Kamera von F_1 bis F_2. Er umfaßt ein Gebiet von etwa 270°. Damit er nicht von den Primärstrahlen getroffen wird, wird vor Einsetzen mit Hilfe einer Schablone in seine Mitte ein Loch von 8×50 mm geschnitten, das sich dann mit Spalt S_3 deckt. An jedem Ende der zylindrischen Kamera wird eine Blattfeder eingesetzt, die dafür sorgt, daß sich der Film überall der Kamerawand gut anlegt. Es empfiehlt sich, zwischen diese und den Film einen ebenfalls gelochten Bogen Papier einzulegen, damit der Film beim Einschieben nicht bekratzt wird, wodurch nach dem Entwickeln leicht Spektrallinien vorgetäuscht werden können. Die Justierung der Kamera erfolgt durch die Fußschrauben F.

Die Justierung des Spaltes S_2 läßt sich leicht optisch prüfen, indem man das Licht einer fadenförmigen Glühlampe durch den Glimmerspalt eintreten und nach Herausnehmen des Aluminiumfensters beim Spalt S_1 wieder austreten läßt. Sind die Spalte S_2 einmal auf ihrem Schlitten justiert, so kann man diesen beliebig oft auf seinen Gleitschienen $F_1 F_2$ herausziehen, ohne daß die Einstellung dadurch verändert würde.

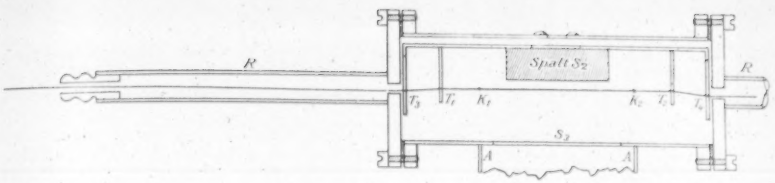


Fig. 2.

Die Kamera wird an beiden Enden durch Deckel verschlossen, die sich mit Hilfe von je 4 Schrauben unter Verwendung einer Gummidichtung auf je einen Flansch aufschrauben lassen, den die Kamera an jedem Ende trägt (Fig. 2). Jeder dieser Deckel besitzt aus Gründen, die weiter unten besprochen werden sollen, außen ein der Kamera koaxiales Messingrohr R von 1 cm Weite und 12 cm Länge. Zum lichtdichten Abschluß des Glimmerfensters genügt es, einige Bogen schwarzes Papier zwischen dieses und die Messingplatte zu schieben.

Bei Aufnahme sehr leichter Substanzen kann es von Vorteil sein, zur Vermeidung der Luft- und Sekundärstrahlung die Kamera zu evakuieren. Das geschieht, indem man das eine der Ansatzrohre R mit einem Gummistopfen verschließt, das andere mit der Luftpumpe verbindet. Diese läuft während der Exposition.

Die Anordnung der Präparate geschah auf 3 verschiedene Arten.

1. Ist das Präparat sehr feinkörnig (Teilchengröße höchstens einige μ), so braucht der Seidenfaden während der Aufnahme nicht bewegt zu werden. Hierzu wird er axial mit Hilfe der unter 2. geschilderten Vorrichtung aufgespannt.

2. Bei grobkörnigen Präparaten erhält man mit ruhendem Seidenfaden punktförmige Flecke, die, wie bekannt, von solchen Kristalliten herrühren, die gerade unter dem Glanzwinkel liegen und reflektieren. Um das zu vermeiden, wird der Faden in axialer Richtung mit konstanter Geschwindigkeit um etwa 2 cm hin und her bewegt. Das wurde erreicht mit Hilfe einer herzförmigen Scheibe, die von einem Motor in langsamer Rotation erhalten wurde, und an deren Peripherie ein Hebel angriff, mit dem das eine Ende des Seidenfadens verbunden war. Um ihn straff zu halten, wurde sein anderes Ende über eine Rolle gelegt und mit einem kleinen Gewicht beschwert. Der Faden tritt in die Kamera ein und verläßt sie wieder durch die Ansatzrohre R. Um die Führung des Fadens für verschiedene Aufnahmen reproduzierbar zu definieren, dient folgende Anordnung:

Der Schlitten, auf den Spalt S_2 montiert ist (vgl. Fig. 2), besitzt 4 Träger T_1 bis T_4. Jeder derselben hat eine Bohrung von 0,5 mm Durchmesser, und zwar die beiden inneren T_1 und T_2 haben axiale Bohrung, bei den äußeren T_3 und T_4 ist diese etwa 2 mm gegen jene versetzt. Dadurch wird erreicht, daß jeder gespannte Faden sowohl bei Ruhe wie bei Bewegung immer an derselben Stelle der Bohrungen von T_1 und T_2 anliegt, also dieselbe Justierung hat. In den Faden ist bei K_1 und K_2 je ein Knoten geknüpft. Zwischen beiden ist der Faden mit Klebstoff bestrichen und schnell durch das Kristallpulver gezogen worden. Die Knoten begrenzen die Bewegungsmöglichkeit des Fadens und erleichtern die Einstellung der Herzblattsteuerung. Durch die Länge des Rohres R und die Feinheit der Löcher T_3 und T_4 wird eine Schwärzung des Films durch Tageslicht vermieden.

Man kann diese Anordnung auch für starre Präparate, z. B. feine Drähte, verwenden, indem man sie bei K_1 und K_2 an den Seidenfaden anknüpft.

Zur Aufnahme starrer Präparate, die frei von elastischer Nachwirkung sind, hat sich die Rotation gut bewährt. Die Träger T_3 und T_4 werden abgeschraubt. Der Draht wird durch die axialen Bohrungen von T_1 und T_2 gesteckt (die seinem Durchmesser gut angepaßt sein müssen) und rechtwinklig umgebogen. Durch das Ansatzrohr R wird eine Achse geführt, auf die außen ein Schnurlaufrad, innen eine Kurbel geschraubt wird. Diese ist an ihrer dem Präparat zugekehrten Seite gabelartig geschlitzt, erfaßt es locker, aber sicher an seinem rechtwinklig umgebogenen Schenkel und überträgt so spielend und ohne Druck, der es deformieren könnte, die eigene Rotation auf das Präparat.

IV. Wie eine einfache Überlegung zeigt, sind die Spektrallinien leicht gekrümmt; außerdem sind sie auf der dem Brennfleck abgewandten Seite länger als auf der ihm zugewendeten. Zur Erreichung größter Genauigkeit muß man also den Linienabstand auf der Mittellinie des Films abgreifen.

Die Krümmung erklärt sich daraus, daß der Scheitelabstand jedes Kegels, der den geometrischen Ort aller in einem Punkte reflektierten

Strahlen darstellt, vom Film, gemessen in Primärstrahlrichtung, umso größer ist, je schräger dieser das Präparat trifft. Daher werden auch die Spektrallinien, die die Schnittkurven der Einhüllenden jener Kegel mit der zylindrischen Kamera darstellen, gekrümmt sein, und auf der Mittellinie des Films werden symmetrische Linien den kleinsten Abstand haben. Eine bequeme Näherungsformel von Madelung zur Berechnung der Linienkrümmung gibt Gerlach[1]). Aus derselben Überlegung folgt auch die verschiedene Länge der Spektrallinien. An dieser Stelle muß auch betont werden, daß es von großer Wichtigkeit ist, die Kamera so zu orientieren, daß der mittlere Primärstrahl ihre Achse senkrecht schneidet. Sonst stehen die Spektrallinien schief, und die Mittellinie des Films ist gekrümmt.

V. Die Benutzung der die Antikathode tangential verlassenden Strahlung ermöglicht eine außerordentlich scharfe Korrektionsmöglichkeit der Linienabstände auf die Mitte des Präparates, denn alle Strahlen kommen hier praktisch von einer der Kameraachse parallelen Geraden her, die durch den Brennfleck geht, und nicht, wie bei den bisher üblichen Anordnungen, von einer ganzen Fläche. Die Methode wird hierdurch zu einer Präzisionsmethode von außerordentlicher Genauigkeit. Ein Beispiel wird das unten bestätigen.

Die Korrektion auf die Mitte des Präparates ergibt sich aus der folgenden Überlegung.

Im Abstande m von dem punktförmigen Brennfleck L befinde sich die Achse C des Präparates vom Radius r (Fig. 3). Ihm koaxial

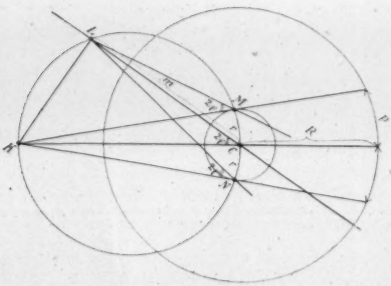


Fig. 3.

sei die Kamera vom Radius R. Die Spektrallinie wird von derjenigen Strahlung scharf begrenzt, die tangential vom Präparat unter dem Glanzwinkel φ reflektiert wird, mit der Einfallenden also den Winkel 2φ bildet. Das gilt für die auf beiden Seiten des Präparates bei M und N reflektierten Strahlen, die sich rückwärts in K schneiden mögen. Demnach müssen K, L, M und N auf einem Kreise liegen: denn die Winkel 2φ bei M und N sind Peripheriewinkel der Basis $\overline{KL}$. Da aber weiter $\overline{MC} = \overline{NC} = r$ senkrecht auf $\overline{KM}$ bzw. $\overline{KN}$ stehen, so muß $\overline{KC}$ Durchmesser jenes Kreises sein, woraus einerseits wieder folgt, daß der Winkel KLC ein rechter ist, andererseits, daß der Winkel KCL als Peripheriewinkel gleich 2φ ist. Demnach ist $\overline{KC} = \dfrac{m}{\cos 2\varphi}$. Solange r klein gegen R, gilt für die halbe Linienbreite p sehr angenähert

$$p : r = \left(R + \frac{m}{\cos 2\varphi}\right) : \frac{m}{\cos 2\varphi},$$

woraus sich

$$p = r\left(1 + \frac{R}{m}\cos 2\varphi\right)$$

ergibt.

VI. Es mögen einige Aufnahmen folgen, die die Leistungsfähigkeit der Kamera dartun sollen. Dabei sind die kurzen Expositionszeiten zu beachten. Die Antikathode war aus Kupfer.

1. *NaCl.*
   Film 6 (Fig. 1 der Tafel). ca. 250 MA-Minuten, 45 KV. Faden längs geführt und dick beklebt.
   Film 7 (Fig. 2 der Tafel). ca. 350 MA-Minuten, 45 KV. Faden längs geführt, aber Kristalle mit Fingernagel abgekratzt, so daß mit bloßem Auge fast nichts mehr davon zu sehen. Wegen längerer Exposition stärkere diffuse Schwärzung. Auf beiden Filmen sind besonders die innersten Spektrallinien an beiden Rändern wie mit Reißfeder nachgezogen. Infolge mangelhafter Justierung erscheint die Mittellinie gekrümmt (vgl. IV).
2. *Pb* (Fig. 3 der Tafel).
   Bleifeilicht auf längs gezogenem Seidenfaden. Expositionsdaten unbekannt, da Defekt an einem Instrument. Da versäumt wurde, zwischen Film und Kamera ein Papier einzuschieben, zeigt jener verschiedene Kratzer (vgl. III).
3. *Zn.*
   Film 1 (Fig. 4 der Tafel). Zinkfeilicht auf längs gezogenem Seidenfaden, von dem viel abgekratzt war. 225 MA-Minuten, 40 KV.
   Film 2 (Fig. 5 der Tafel). Zinkdraht,

1) W. Gerlach, diese Zeitschr. **23**, 114, 1922.

Abstand symmetrischer Linien auf		Aus Mittelwert berechnet	α' oder	$h_1 h_2 h_3$	$\frac{\sin \varphi_{\alpha'}}{\sqrt{h_1^2+h_2^2+h_3^2}}$	$\frac{\sin \varphi_{\beta}}{\sqrt{h_1^2+h_2^2+h_3^2}}$
Präp. 5.	Präp. 6.	$\sin \varphi$	β			
19.7	19,7	0,2427	β'	200		0,1213
21,7	21,8	0,2678	α'	200	0,1338	
27,8	27,9	0,3410	β'	220		0,1206
31.1	31,2	0,3800	α'	220	0,1344	
ss 34.3	34,4	0,4170	β'	222		0,1204
38,6	38,5	0,4634	α'	222	0,1341	
45.4	45.3	0,5583	α'	400	0,1346	
			β'	420		0,1204
51,4	51,5	0,6013	α'	420	0,1349	
57.2	57.3	0,6583	α'	422	0,1344	
ss 60,5	60,6	0,6888	β	440		0,1218
ss 65.2	65,2	0,7300	β'	442		0,1217
				600		
68,7	68,9	0,7602	α'	440	0,1344	
			β	620		0,1202
74.5	74,8	0,8063	α'	442	0,1344	
				600		
			β	622		0,1216
80.7	80,8	0,8491	α'	620	0,1342	
ss 84,6	—	0,8739	β'	640		0,1212
87,2	87.3	0,8896	α'	622	0,1741	
90,3	90.5	0,9071	β	642		0,1211
Dick gedruckt = stark, *ss* = sehr schwach.					Mittel: $0{,}1343_3$	$0{,}1210_3$

1 mm Durchmesser, rotierend um Längsachse. 225 MA-Minuten, 40 KV.
Die Schärfe der ersten Linien ist beim Draht besonders groß; dafür streut er aber stark diffus, so daß die äußeren Linien verdeckt sind (vgl. II).

4. *CaS*.
Film 5 (Fig. 6 der Tafel). Pulver auf ruhendem Seidenfaden. 630 MA-Minuten, 40 KV.

Alle Aufnahmen wurden mit doppelt gegossenen Röntgenfilmen gemacht.

Da die Struktur von *CaS* meines Wissens noch nicht bestimmt wurde, so wurden Film 5 und der hier nicht wiedergegebene Film 6 ausgewertet. Die Ausmessungen beider stimmen vorzüglich überein.

Zur Berechnung der Winkel wurde angenommen, daß sich die mittlere Schicht des Films beim Einsetzen in die Kamera nicht dehnt. Demgemäß ergab sich als „wirksamer" Filmradius R:

Dicke des halben Films . . .	0,12 mm
Papier zwischen Film und Kamera	0,06 „
	0,18 mm
Gemessener Radius der Kamera	20,10 mm
„Wirksamer" Filmradius R . .	19,92 mm

Die Korrektur auf Mitte des Präparates wurde nach obiger Formel für $r = 0{,}08$ mm durchgeführt.

Setzt man nach Siegbahn[1]) für die *Cu-K*-Serie

$$\alpha' = 1{,}54122 \text{ Å},$$
$$\beta = 1{,}38887 \text{ Å},$$

so folgt durch logarithmische Berechnung nach der Formel

$$a = 2d = \frac{\lambda}{\sin \varphi} \sqrt{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2}$$

aus α':

$$a = 5{,}7366 \pm 0{,}0007,$$

aus den weniger deutlichen β-Werten:

$$a = 5{,}7379 \pm 0{,}0016.$$

Die Struktur von *CaS* ist dieselbe wie die des *MgO*.

Zusammenfassung.

Es wird eine Kamera für Aufnahmen nach Debye-Scherrer beschrieben. Ihre Vorzüge sind:

1. Scharfe, wie mit der Reißfeder nachgezogene Spektrallinien.
2. Sehr kurze Expositionszeiten.
3. Erhöhung der Meßgenauigkeit durch Ver-

1) Siegbahn, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektr. **18**, 275. 1922.

wendung der die Antikathode tangential verlassenden Strahlung.

4. Unterdrückung der Sekundär- und Tertiärstrahlung, die von den Spalten der Kamera ausgeht.
5. Unterdrückung der vom Präparat gestreuten diffusen Sekundärstrahlung auf ein Minimum durch Ankleben des feinen Pulvers auf einen Seidenfaden.
6. Arbeitsmöglichkeit im Vakuum.

Ich erfülle die angenehme Pflicht, meinen allerwärmsten Dank auszusprechen Herrn Prof. Stich für die Erlaubnis, an der Röntgeneinrichtung der chirurgischen Klinik zu arbeiten; Herrn Dr. Seemann für die freundliche Überlassung seines Röntgenrohres; dem Kuratorium der Jagorstiftung für die Gewährung von Geldmitteln.

Göttingen, Physikalisches Institut und Chirurgische Universitätsklinik, April 1922.

(Eingegangen 28. April 1922.)

Demonstration stehender Wellen mit elektrisch erhitzten Drähten.

Von A. Imhof.

Beobachtungen an Drähten, welche durch Wechselstrom gebräuchlicher Periodenzahlen geglüht wurden, zeigten, daß dieselben dabei in Schwingungen geraten, die unter geeigneten Bedingungen so große Amplituden annehmen, um im Dunkelraum sehr schöne stehende Transversalwellen demonstrieren zu können. Die Knoten werden wegen geringer Luftkühlung heller als die Bäuche, was die Schwingungsbilder umso deutlicher erscheinen läßt. Die Ursache dieser, wie ich nachträglich vernahm, bereits bekannten Schwingungserscheinung ist auf Grund der angestellten Versuche offenbar in den periodischen Dilatationen und Kontraktionen zu suchen. Jedes bisher geprüfte Drahtmaterial, wie Eisen, Nickel, Kupfer, Platin, Chromnickel, Konstantan zeigt die Erscheinung mehr oder weniger gut. Platin und noch eher Chromnickel sind für den Versuch besonders geeignet. Für Chromnickel ergaben Messungen einen Ausdehnungskoeffizienten von 0,000015. Die Schwingungen erfolgen in jeder Lage des Drahtes. Während sich bei gestreckten Drähten (soweit sie sich bei der in glühendem Zustand geringen Festigkeit strecken lassen) gern eine halbe oder ganze Welle ausbildet, reihen sich bei stark durchhängenden Drähten je nach dem Abstand der Stützpunkte mehr oder weniger Halbwellen aneinander, z. B. bei einem 0,1 mm dicken Platindraht Halbwellen von 4,5 cm Länge, die bei $n \times 4{,}5$ cm Stützpunktsabstand n mal aufeinander folgen. Die Schwingungen horizontal wenig gespannter Drähte erfolgen je nach Durchhang und Temperatur in horizontaler oder vertikaler Ebene. Bänder können auch in Richtung ihrer Breite schwingen, und an etwas kräftiger gespannten Drähten beobachtet man nicht selten einige Drehbewegungen um die durch die Stützpunkte gehende Achse. Der Drehsinn wechselt manchmal nach einigen Umdrehungen. Die Schwingungsamplitude beträgt im allgemeinen $^1/_2$—2 mm, kann aber unter günstigen Bedingungen 10 mm überschreiten.

(Eingegangen 26. Mai 1922.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Die Bedingungen der Möglichkeit einer Maßbestimmung in einer physikalischen Mannigfaltigkeit und das Prinzip der Ähnlichkeit.

Von Fritz London.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung:
§ 1. Die Bedeutung rationaler Prinzipe in empirischen Disziplinen.
§ 2. Der Plan der Untersuchung.
Kap. I. Die Prinzipe der Maßbestimmung in einer physikalischen Mannigfaltigkeit.
§ 3. Die diskreten Mannigfaltigkeiten.
§ 4. Die stetigen Mannigfaltigkeiten.
§ 5. Das erste Maßprinzip einer stetigen Mannigfaltigkeit.
§ 6. Das zweite Maßprinzip einer stetigen Mannigfaltigkeit.
§ 7. Notwendige Bedingungen für die Möglichkeit einer Maßbestimmung in einer physikalischen Mannigfaltigkeit.
Kap. II. Die Dimension einer physikalischen Mannigfaltigkeit.
§ 8. Die analytischen Dimensionsbeziehungen. Dimensionsgleichungen. Homogene und bedingt homogene Funktionen.
§ 9. Die synthetischen Dimensionsbeziehungen.
Kap. III. Das Lösungssystem der Dimensionsgleichungen der Physik.
§ 10. Das C.G.S.-System. Das System von Tolman. Der Einwand von Ehrenfest.
§ 11. Eine Entscheidung zwischen den Systemen hat zunächst keinen Sinn. Die vollständige Kenntnis induktiver Gesetze.

§ 12. Die Tolmansche Formulierung des Prinzips der Ähnlichkeit.
§ 13. Die Tolmanschen Bedingungen.
§ 14. Kritik derselben.
Kap. IV. Das Prinzip der Ähnlichkeit.
§ 15. Eine notwendige Bedingung der Möglichkeit einer Theorie der Physik.
§ 16. Ein weiteres Postulat.
§ 17. Bewertung des Prinzips von Tolman als „ars inveniendi".

Einleitung.

§ 1. Auf empirischem Wege zu physikalischer Gesetzeserkenntnis zu gelangen, dieses Bemühen findet an der Unvollkommenheit der empirischen Erkenntnisquelle, was Genauigkeit und Allgemeingültigkeit derselben angeht, eine Grenze. Diese Grenze kann mit zunehmender Vervollkommnung der experimentellen Kunst zwar immer weiter, aber stets nur endlich weit zurückverlegt werden, so daß der Grenzwert dieser (vielleicht gar nicht konvergenten) Folge von approximativen Daten niemals auf rein empirischem Wege zuverlässig gefunden werden kann.

Aus dieser Unvollkommenheit aller empirischen Erkenntnis schöpft das tief im menschlichen Denken verwurzelte Vorurteil, aus reiner Vernunft Wirklichkeit begreifen zu können, nie versiegende Nahrung. Kants Vernunftskritik hat diese scholastischen Hoffnungen, aus Möglichem Wirkliches zu deduzieren, zerstört. Trotzdem besteht die Möglichkeit einer Methode, der mangelhaften Empirie auf rationalem Wege zu Hilfe zu kommen, gegen welche sich die Kritik der reinen Vernunft gar nicht richtet, und welche von den alten Rationalisten, vor allem von Leibniz, im tiefsten Grunde gemeint war und möglicherweise auch ausdrücklich zur Sprache gekommen wäre, wenn die Kantsche Kritik bekannt gewesen wäre.

Es lassen sich über das Naturgesetz als solches gewisse allgemeine Aussagen machen, welche zwar zum größten Teil nicht synthetische Urteile a priori sind, aber jedenfalls — infolge unserer allgemeinen Vertrautheit mit der Naturgesetzlichkeit — für uns eine gewisse Plausibilität besitzen: Wir erwarten z. B. von einem Naturgesetz, daß es aus dem Zustand zu einer bestimmten Zeit eindeutig die Zustände zu jeder beliebigen Zeit zu bestimmen gestattet. Das schon von Leibniz erwähnte Gesetz der Kontinuität, das Prinzip der Relativität und andere wären hier zu nennen. Nun ist bekannt, welche umfassende Einschränkung z. B. allein die Forderung der allgemeinen Relativität auf die Form der physikalischen Gesetze ausübt, und diese Tatsache legt die Frage nahe, ob es nicht möglich wäre, den Begriff des Naturgesetzes so weit zu verschärfen, daß aus ihm die speziellen Naturgesetze als analytische Urteile folgen, und es nur noch nötig ist, eine gewisse Anzahl von Existentialaussagen und quantitativen Bestimmungen der Konstanten hinzuzufügen, um das leere Schema der Möglichlichkeiten zu Wirklichkeiten auszufüllen.

Es kann niemals allein aus dem Begriffe des Naturgesetzes die Form eines speziellen Gesetzes deduziert werden. Nur im Falle, daß vorher schon bekannt ist, daß zwischen gewissen Größen — und nur zwischen diesen, eine funktionale Abhängigkeit besteht, kann vielleicht aus dem Begriffe des Naturgesetzes unter Umständen gefolgert werden, welche Art von funktionaler Abhängigkeit überhaupt möglich ist, und wenn sich hierbei herausstellt, daß nur eine einzige Form diesen analytischen Aussagen genügt, kann aus der Wirklichkeit des Naturgesetzes und der Möglichkeit einer einzigen Form erkannt werden: die Wirklichkeit einer ganz bestimmten Form des Naturgesetzes.

§ 2. Herr R. Tolman hat[1]) einen wichtigen Schritt in dieser Richtung gemacht, indem er das von Newton schon erwähnte[2]) „Prinzip der Ähnlichkeit" in dieser Richtung auszuwerten versucht. Zweifellos hat Herr Tolman die Fruchtbarkeit seines Prinzips überschätzt, zum Teil sind ihm richtige Resultate sehr glücklich in den Schoß gefallen, auf die er eigentlich kein Anrecht hatte, da seine Begründungen sehr unzureichend sind, die sich aber nach Richtigstellung seiner Grundannahmen stützen lassen. Frau Ehrenfest-Afanassjewa entwickelte[3]) unabhängig von den Untersuchungen Herrn Tolmans eine sehr gründliche logische und mathematische Darstellung über den „Dimensionsbegriff und den analytischen Bau der physikalischen Gleichungen", welche Untersuchung die Grundlage zu einer Kritik des Prinzips der Ähnlichkeit in einer späteren Veröffentlichung[4]) darstellt. Diese Kritik ist aber doch wohl zu weit gegangen. Jedenfalls sind die negativen Ausführungen durch nicht richtige Beispiele bekräftigt, bzw. greifen sie die erwähnten, richtig zu stellenden Irrtümer der Tolmanschen Arbeit an.

Das Recht und Unrecht auf beiden Seiten gerecht abzuwägen, ist wenig der Sache förderlich und jedenfalls nicht unsere Aufgabe. Wir wollen daher im folgenden versuchen, das Prinzip der Ähnlichkeit zusammenhängend so darzustellen, wie es der Absicht Tolmans am nähesten käme. Dabei werden wir, soweit es nötig ist,

1) Phys. Rev. II, 3. 1914, II, 8, 1916.
2) Principia Mathematica philosophiae naturalis (Amstelod. 1723), S. 294.
3) Math. Ann. 77, 1916.
4) Phys Rev. II, 8, 1916.

von der vorzüglichen Terminologie, wie sie Frau Ehrenfest geschaffen hat, und ihren wichtigen mathematischen Resultaten in der Theorie „bedingt homogener" Gleichungen Gebrauch machen. Die Kritik der Einwände wird sich, wenn erst einmal eine einheitliche Darstellung vorliegt, sehr viel einfacher ergeben.

Eine Kritik des Prinzips der Ähnlichkeit wird dann erst möglich, wenn Klarheit über die logischen und physikalischen Fundamente des Dimensionsbegriffs[1]) besteht. Dieses Fundament ist in erster Linie die Theorie der Maßbestimmung in einer empirisch gegebenen Mannigfaltigkeit. Mit dieser Theorie haben sich weder die Tolmanschen noch die Ehrenfestschen Untersuchungen auseinandergesetzt, und zum Teil ist ihr Streit ein Prinzipienstreit, welcher sich nicht entscheiden kann, ehe nicht Klarheit über die zugrunde liegenden Voraussetzungen geschaffen ist. Bevor wir uns dem Prinzipe von Herrn Tolman selbst zuwenden, ist daher eine Erledigung dieser Vorfragen notwendig.

Kap. I. Die Prinzipe der Maßbestimmung in einer physikalischen Mannigfaltigkeit.

§ 3. Die Physik betrachtet nicht die Eigenschaften der Dinge, sondern nur die Quantitäten dieser Eigenschaften und sucht nach funktionaler Beziehung zwischen den Quantitäten[2]). Zu diesem Zwecke müssen diese Quantitäten gemessen, d. h. einer Zahlenreihe zugeordnet werden.

Wie werden Quantitäten gemessen? Riemann hat sich, wohl als erster, diese Fundamentalfrage gestellt und in seinem bekannten Habilitationsvortrag[3]) in einer außerordentlich weit voraussehenden Weise behandelt. Wir werden uns auf seine Untersuchungen im Folgenden stützen und sie uns zu Nutzen machen.

Um eine Quantität zu messen, muß eine Vorschrift gegeben werden, welche in eindeutiger Weise jeder Quantität einer Eigenschaft eine und nur eine Zahl zuordnet, und zwar verschiedenen Quantitäten auch verschiedene Zahlen. Wir nennen[4]) diese Vorschrift das „Prinzip" der betreffenden Maßbestimmung und die Menge aller verschiedenen Quantitäten einer Eigenschaft eine „Mannigfaltigkeit". Unsere empirische Kenntnis einer Mannigfaltigkeit (z. B. der Temperatur, der Helligkeit usw.) gibt uns im allgemeinen von vornherein keine solche Maßbestimmung, wohl aber eine ordinale Aussage zwischen den Elementen einer Mannigfaltigkeit (t_1 ist wärmer als t_2) und eine (angenäherte) Aussage über die Identität zweier Elemente (t_1 ist ebenso warm wie t_2). Das Vorhandensein derartig geordneter Mannigfaltigkeiten ist der (psychologische) Anlaß zur Bildung der cartesischen Idee einer diesen zugrunde liegenden nur quantitativer Unterschiede fähigen, einheitlichen Grundsubstanz.

Unsere empirische Erkenntnis gibt uns also im allgemeinen in den physikalischen Mannigfaltigkeiten keine Maßbestimmung; wir können aber durch geeignete Vorschriften zu einer solchen gelangen. Hierbei sind zunächst zwei Arten von zu messenden Mannigfaltigkeiten prinzipiell zu unterscheiden: die diskreten von den stetigen[1]).

Die diskreten Mannigfaltigkeiten zu messen, ist sehr einfach: Ihre Maßvorschrift — ihr Prinzip — ist die Abzählung ihrer einzelnen diskreten Bestandteile. Eine diskrete Mannigfaltigkeit enthält, wie Riemann sagt, das Prinzip ihrer Maßbestimmung schon in ihrem Begriffe. Erst in der modernen Physik ist das Vorhandensein solcher diskreter Mannigfaltigkeiten erkannt worden: die elektrostatische Ladung und die Wirkungsgröße. Das Resultat einer Messung in diesen Mannigfaltigkeiten ist stets eine ganze Zahl: bei den Ladungen die Anzahl der überschüssigen Elektronen, bei den Wirkungen die Anzahl der Planckschen Quanten.

§ 4. Eine stetige Mannigfaltigkeit muß ihre Maßverhältnisse anderswoher nehmen. Aus der Mannigfaltigkeit selber ergibt sich zunächst nur die ordinale Bestimmung ihrer einzelnen Elemente, welche aus unserer unmittelbaren empirischen Kenntnis der Mannigfaltigkeit entspringt. Dagegen ist eine Angabe des Unterschiedes zweier Quantitäten, wodurch z. B. eine Quantität als genau die mittlere von zwei anderen Quantitäten bestimmt würde, aus dem Begriffe der Mannigfaltigkeit nicht zu entnehmen.

Die Maßbestimmung ist also nur bestimmt bis auf eine monoton wachsende Substitution, so daß, wenn jeder Quantität eine reelle Zahl x als Maßzahl zugeordnet ist, auch

$$x^* = f(x) \qquad (1)$$

1) Unter „Dimension" ist die von Maxwell und Fourier herrührende Bedeutung des Wortes zu verstehen.

2) Den Terminus „Quantität" benutzen wir als zusammenfassende Bezeichnung von „intensiver" und „extensiver" Größe im Kantschen Sinne (Kr. d. r. V., I. Aufl., S. 162 ff.). Wir reden also von Quantitäten der Länge, der Zeit, der Temperatur, des Gewichtes usw.

3) „Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen" (1854), (Werke, Leipzig 1876, insbesondere S. 255 u. 267 f.).

4) Hierbei benutzen wir die Terminologie, wie sie in der Riemannschen Schrift gebraucht wird.

1) Die Unvollständigkeit dieser Disjunktion war bis her ohne physikalische Bedeutung. Im übrigen lassen sich unsere Überlegungen über stetige Mannigfaltigkeiten mit geringen Änderungen auf in sich dichte Mannigfaltigkeiten, auf welche man vielleicht durch statistische Betrachtungen geführt werden könnte (Quasiergodenhypothese), verallgemeinern.

ebenso geeignet ist, eine unserer unmittelbaren empirischen Kenntnis der Mannigfaltigkeit entsprechende Maßbestimmung zu definieren, wenn $f'(x) > 0$ ist für alle x, die Maßzahl einer Quantität sind.

Wir wollen eine solche Zahlenordnung, welche nur invariant ist gegen monoton wachsende Substitutionen, noch nicht eine Maßbestimmung, sondern nur eine „ordinale Bestimmung" nennen; von einer „Maßbestimmung" verlangen wir, daß sie einen Ausdruck für die cartesische Grundsubstanz darstellt und entsprechend anzugeben vermag, wann gleiche Quanta dieser Substanz verschiedenen Quantitäten einer Mannigfaltigkeit zugeführt werden.

Dazu bedarf es offenbar keineswegs, daß das Maßprinzip zu einer einzigen Zahlenzuordnung führt, vielmehr braucht nur der Quotient zweier Differenzen aus Maßzahlen $\frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4}$ eine Invariante zu sein. Das Maßprinzip muß also ein solches sein, daß eine durch dasselbe definierte Maßskala x auch durch x^* ersetzt werden kann, derart daß

$$x^* = \xi x + \eta \qquad (2)$$

ist[1]), indem nämlich auch x^* den Bedingungen des betreffenden Maßprinzipes genügt. In der Tat kann auch bei den Maßbestimmungen in einer stetigen Mannigfaltigkeit niemals mehr als eine derartige bis auf eine lineare Substitution invariante Maßskala definiert werden. Eine ordinale Bestimmung ermöglicht nur eine invariante Aussage über Gleichheit und Ordnungssinn der Quantitäten. Eine Maßbestimmung dagegen erlaubt eine invariante Aussage über die Gleichheit von Differenzen der Quantitäten einer Mannigfaltigkeit; denn ist

$$x_1 - x_2 = x_3 - x_4,$$

so ist auch

$$x_1^* - x_2^* = \xi (x_1 - x_2) = \xi (x_3 - x_4) = x_3^* - x_4^*.$$

Eine Maßbestimmung erlaubt infolgedessen eine quantitative Vergleichung von Quantitätsunterschieden. Sie gibt aber keine Aussage über die absolute Größe einer solchen Differenz, sondern nur über ihre relative Größe im Verhältnis zu irgendeiner anderen. Man pflegt willkürlich eine (leicht reproduzierbare) Quantitätendifferenz als feste Einheit für jede Maßmannigfaltigkeit herzustellen und alle relativen Messungen auf diese Einheit zu beziehen.

1) $\xi > 0$. Diese positive Konstante, heißt „Übergangsfaktor" (Ehrenfest), sie gibt die Änderung der Maßzahlen an, wenn zu einer anderen konventionellen Einheit übergegangen wird, η ist die Änderung der Maßzahlen bei Verlegung des Nullpunktes.

Wie gelangt man nun zu einer solchen Maßbestimmung der stetigen physikalischen Mannigfaltigkeiten? Wie schon Riemann erkannte, ist es ausgeschlossen, daß die Maßbestimmung allein aus Eigenschaften der Mannigfaltigkeit gewonnen wird, sie muß ihr vielmehr durch eine Beziehung von außen her aufgeprägt werden. Riemann hat leider es unterlassen, diese dunklen Bemerkungen etwas zu explizieren.

Es sind zwei Prinzipe zu unterscheiden, durch welche sich eine Maßbestimmung begründen läßt. Beiden Prinzipen ist gemeinsam, daß ihre Möglichkeit das Bestehen eines empirischen Tatbestandes zur Voraussetzung hat. Es ist unter Umständen möglich, beide Prinzipe zur Begründung einer Maßbestimmung in einer und derselben Mannigfaltigkeit anzuwenden; es kann hierbei eintreten, daß die so gewonnenen Skalen nicht (bis auf jene lineare Substitution) übereinstimmen.

§ 5. Das erste Prinzip benutzen wir z. B. bei der Definition des Längenmaßes durch Maßstäbe, des Gewichtes durch die Balkenwage. Es setzt voraus, daß eine ordinale Bestimmung schon vorhanden ist, daß insbesondere also die Gleichheit zweier Größen sich feststellen läßt. Man zerlegt dann die betreffende Größe in eine Anzahl von gleichen Teilgrößen, die der konventionellen Einheit der Mannigfaltigkeit gleich sind[1]), oder, wenn diese Zerlegung nicht möglich ist (z. B. beim Gewichte), so sucht man zu der zu messenden Größe eine gleiche, aber in Einheitsteile zerlegbare Größe. Die Abzählung der Teile ergibt dann die Maßzahl der betreffenden Quantität. Hierbei wird stillschweigend von der Fiktion Gebrauch gemacht, daß bei dieser Zusammenfügung der Teile zu einem Ganzen die Größe der Teile unverändert bleibt; wir werden hierauf sofort näher eingehen.

Das erste Prinzip ist zur Begründung einer Metrik nur in denjenigen Mannigfaltigkeiten fähig, deren Größen zueinander in der Relation von Teil und Ganzem stehen, deren Größendifferenz selbst eine Größe der betreffenden Mannigfaltigkeit ist[2]). Nicht alle Größen lassen sich in dieser Weise auffassen. Die Temperatur, die Farbe, die Tonhöhe, kurz alle „intensiven" Größen sind nur durch das zweite Prinzip einer Maßbestimmung fähig, welches im übrigen auch auf alle Maßmannigfaltigkeiten angewandt werden kann, welche dem ersten Prinzip ihre Metrik verdanken.

1) Das beim Übrigbleiben eines „Restes" entstehende Infinitesimalproblem (unbegrenztes Weiterteilen und Vergleichen mit rationalen Teileinheiten) glauben wir hier übergehen zu dürfen.

2) In dem Unverändertbleiben aller dieser Größendifferenzen bei ihrer Verlegung an ein und denselben Anfangspunkt, besteht die genannte Fiktion.

Insofern aber das zweite Prinzip nur relative Maßbestimmungen liefert, indem es nämlich jedesmal schon das Vorhandensein einer Metrik in einer anderen Mannigfaltigkeit zur Voraussetzung hat, ist das erste Prinzip, welches eine absolute Maßbestimmung liefert, durchaus nicht überflüssig. Wir bemerken nur noch zum Schlusse, daß die durch das erste Prinzip begründeten Maßbestimmungen invariant sind gegenüber Substitutionen von der speziellen Form (2):

$$x^* = \xi x, \qquad (2a)$$

da die Quantität o als Differenz gleicher Quantitäten in den dem ersten Maßprinzip zugänglichen Mannigfaltigkeiten ausgezeichnet ist.

§ 6. Das zweite Prinzip benutzt einen funktionalen Gesetzeszusammenhang zwischen der auszumessenden Mannigfaltigkeit und einer zweiten Mannigfaltigkeit, die schon ihre Maßbestimmung x_1 auf irgendeine Weise erhalten hat. Wir können durch die Maße x_1 dieser Mannigfaltigkeit die Quantitäten der zu messenden Mannigfaltigkeit einer Zahlenreihe eindeutig zuordnen und zwar wird jede Funktion dieser Maßbestimmung x_1:

$$x_2 = f(x_1) \qquad (3)$$

ein Maß für die neue Mannigfaltigkeit definieren[1]). Wir werden jedoch die Skala x_2 nur dann eine Maßbestimmung nennen, wenn alle vermittelst (3) definierten Skalen bis auf eine Substitution von der Form (2a) übereinstimmen. Dadurch wird die Willkürlichkeit der Funktion f in hohem Maße eingeschränkt.

Wir werden demzufolge verlangen, daß wenn

$$x_2 = f(x_1)$$

ist, auch

$$x_2^* = f(x_1^*)$$

ist, wobei

$$x_1^* = \xi_1 x_1$$
$$x_2^* = \xi_2 x_2$$

ist, wobei ξ_2 von x_2 unabhängig $= \varphi(\xi_1)$ ist. Wir erhalten also für f und φ die Funktionalgleichung:

$$\varphi(\xi_1) f(x_1) = f(\xi_1 \cdot x_1), \qquad (4)$$

welche auf die Differentialgleichung:

$$\frac{x_1 d f(x_1)}{f(x_1) d x_1} = \frac{\xi_1 d \varphi(\xi_1)}{\varphi(\xi_1) d \xi_1} \qquad (5)$$

führt. Da die beiden Seiten von verschiedenen Variablen abhängen, können sie nur dann gleich sein, wenn sie von ihren Variablen unabhängig, d. h. konstant $= \alpha$ sind. Die Integration von

$$\frac{x_1 d f(x_1)}{f(x_1) d x_1} = \alpha = \frac{\xi_1 d \varphi(\xi_1)}{\varphi(\xi_1) d \xi_1}$$

ergibt

$$x_2 = f(x_1) = \beta x_1^{\alpha} \qquad \xi_2 = \varphi(\xi_1) = \gamma \cdot \xi_1^{\alpha}, \qquad (6)$$

wobei β und γ weitere Integrationskonstanten[1]) sind. Wir können nunmehr erst das zweite Prinzip zur Begründung einer Maßbestimmung in einer Mannigfaltigkeit genau formulieren: „Besteht ein funktionaler Gesetzeszusammenhang zwischen zwei physikalischen Mannigfaltigkeiten und ist in einer von diesen eine Maßbestimmung x_1 gemäß dem Prinzip I definiert, d. h. also eindeutig bis auf eine Substitution $x_1^* = \xi_1 x_1$, so ist $x_2 = \beta x_1^{\alpha}$ der allgemeinste Ausdruck für eine Maßbestimmung der anderen Mannigfaltigkeit, welche dann ebenfalls — bei festgewähltem, willkürlichen α und β — eindeutig bis auf eine Substitution $x_2^* = \xi_2 x_2$ bestimmt ist; hierbei ist $\xi_2 = \xi_1^{\alpha}$".

Die Wahl der Konstanten α und β richtet sich allein nach Zweckmäßigkeitsgründen; von ihr aber hängt dann die Form[2]) aller anderen Gesetze ab: Das Erste steht uns frei, im Zweiten sind wir Knechte. Nach dem 2. Prinzipe begründen wir z. B. die Maßbestimmungen der Temperatur (durch Volumenmessung des Quecksilbers), der Kräfte (durch die mit ihnen in funktionaler Beziehung stehenden Beschleunigungen), der Geschwindigkeiten (durch die in der Zeiteinheit zurückgelegten Weglängen) usw. Letztlich führen wir alle physikalischen Maßbestimmungen vermöge des 2. Prinzips auf Messungen extensiver Größen (Längenmessungen auf Meßinstrumentskalen) zurück, deren Maßbestimmung durch das 1. Prinzip begründet wird.

Man wird sich bemühen, möglichst solche funktionale Zusammenhänge heranzuziehen, in welchen nicht zufällige Eigenschaften einer einzelnen Substanz zum Ausdruck kommen, man wird vielmehr Gesetze benutzen, die für alle Substanzen in gleicher Weise gelten, oder die im leeren Raume bestehen. Historisch zeigt sich dieses Bemühen z. B. in der Entwickelung der Temperaturskala: Zunächst setzte man die Temperatur dem Volumen eines ganz speziellen Stoffes (Hg) proportional. Die Entdeckung der Gasgesetze führte dazu, als Substanz ein Gas zu benutzen, da alle Gase bezüglich der Hg-Skala (τ) annähernd die gleiche charakteristische Volumenfunktion $v = \psi(\tau)$ haben, so daß v als neues Temperaturmaß eingeführt, eine bis auf (2a) bestimmte Skala definiert, in welcher für jedes ξ

1) Wir bezeichnen von jetzt ab durch untere Indizes nicht mehr feste Spezialwerte einer Mannigfaltigkeit, sondern laufende Variable verschiedener Maßskalen.

1) Die Konstante γ bestimmt sich $= 1$ durch die Forderung, daß, wenn x_1 ungeändert bleibt ($\xi_1 = 1$), auch x_2 ungeändert sein soll ($\xi_2 = 1$).

2) D. h. die Exponenten und Proportionalitätsfaktoren der Variablen.

die Abhängigkeit zwischen Volumen und Temperatur für alle Körper im gasförmigen Zustande die gleiche Form annimmt. Dagegen gibt die Quecksilberskala τ keine gegen (2a) invariante Formulierung der Gasgesetze. Gewisse Abweichungen der Gasskala in der Nähe der kritischen Temperaturen führten zum Begriffe des „idealen" Gases bei der Definition der Temperatur. Aber erst, als es gelang, auf Grund des zweiten Hauptsatzes unabhängig von jeder Hilfssubstanz eine Temperaturskala zu definieren, war eine Maßbestimmung gewonnen, welche einen befriedigenden Ausdruck der cartesischen Hypothese darstellte.

Wir wollen eine Maßbestimmung, welche unabhängig von jeder speziellen Substanz definiert ist, eine „natürliche Maßbestimmung" nennen. Die Maßbestimmungen, welche durch das 1. Prinzip begründet werden, sind natürliche Maßbestimmungen. Es ist a priori durchaus nicht notwendig, daß alle natürlichen Maßbestimmungen bis auf eine lineare Substitution (2) identisch sein müssen. Es ist dies auch nicht etwa eine Folge der cartesischen Hypothese, wie bald klar werden wird. Man kann beispielsweise eine Geschwindigkeit auf zwei Weisen natürlich messen: I. nach dem 2. Prinzip, als in der Zeiteinheit zurückgelegte Wegstrecke; II. nach dem 1. Prinzip durch Herstellung einer Geschwindigkeitsskala durch Superposition von Einheitsgeschwindigkeiten. Bekanntlich führen beide Definitionen zu verschiedenen Maßbestimmungen[1]), und zwar ist:

$$v_{II} = v_I \sqrt{\frac{(1 - c^2)}{(v_I^2 - c^2)}}.$$

Hierbei hat v_{II} das einfache Additionstheorem $v_r = v_1 + v_2$, während bekanntlich in der üblichen Geschwindigkeitsmessung (v_I) das Additionstheorem

$$v_r = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

lautet. Man interpretiert bekanntlich diese Diskrepanz durch die Deutung der hier auftretenden Größe c als Materialkonstanten des „Äthers", und sagt: auf der Skala v_{II} werden die Geschwindigkeiten falsch zerlegt, denn sie setzt zu ihrer Begründung die Fiktion (vgl. § 5, Fußnote 2) der Invarianz der Länge gegenüber Bewegungen voraus. Wir werden auf diese Verhältnisse später im Zusammenhang zurückkommen, denn Tolman macht von ihnen bei der Begründung seiner Theorie irrtümlichen Gebrauch.

§ 7. Fassen wir nun abschließend zusammen, was bei der Begründung einer Maßbestimmung in einer stetigen physikalischen Mannigfaltigkeit Konvention und was Ausdruck eines empirischen Sachverhaltes ist. Bei jedem der beiden Prinzipe wird eine Konvention getroffen, welche für die Form der Maßbestimmung maßgebend ist. Diese Konvention ist beim I. Prinzip die Fiktion der Unveränderlichkeit der Teile[1]) bei ihrer Zusammenfassung zum Ganzen, also z. B. die Unabhängigkeit des Längenmaßstabes vom Orte, der Gewichtseinheit von dem schon vorhandenen Gewichte. Die Aussage dieser Unabhängigkeit muß notwendig eine Konvention sein und wird es stets bleiben[2]), denn eine Prüfung derselben setzte ja schon das zu Prüfende voraus.

Aber diese Konvention hat einen empirischen Sachverhalt als Bedingung ihrer Möglichkeit: Zur Eindeutigkeit der so getroffenen Maßbestimmung ist notwendige Voraussetzung, daß das relative Verhältnis aller Quantitäten einer Mannigfaltigkeit keine Funktion der Mannigfaltigkeit ist, daß also z. B., falls sich die Längenmaßstäbe mit ihrem Orte ändern, sie sich alle im gleichen Verhältnis verzerren müssen; nur wenn das der Fall ist, läßt sich durch das I. Prinzip eine Maßbestimmung begründen. Indem wir aus der allein der Erfahrung zugänglichen Konstanz aller Quotienten, welche aus den Quantitäten einer Mannigfaltigkeit gebildet werden, auf die Konstanz der Quantitäten schließen, begehen wir eine Konvention, die in keiner Weise[2]) durch Erfahrung begründet werden kann, und nur solange beibehalten zu werden braucht, als es zweckmäßig ist. Bekanntlich ist es beim Messen von Geschwindigkeiten sehr unzweckmäßig, diese Konvention aufrecht zu halten.

Wir finden genau analoge Verhältnisse beim II. Prinzipe. Auch hier ist die Form der Maßbestimmung zunächst konventionell. Aber die Möglichkeit einer Maßbestimmung überhaupt hat zunächst zur Voraussetzung, daß ein empirischer Gesetzeszusammenhang in Gestalt einer eindeutigen Beziehung zu einer schon definierten Maßbestimmung einer anderen Mannigfaltigkeit

1) Es wäre eine interessante Aufgabe zu untersuchen, inwieweit aus der cartesischen Hypothese eine Invarianz aller natürlichen Maßbestimmungen gegen projektive (d. h. linear gebrochene) Substitutionen folgt, welche invarianz hier für v^2 in der Tat vorhanden ist. In mehrdimensionalen Mannigfaltigkeiten folgt diese Invarianz unter der weiteren Voraussetzung einer freien Beweglichkeit der Maßstäbe.

1) Das heißt die Unabhängigkeit der Differenzen der Quantitäten von der Größe dieser Quantitäten (vgl. § 5, Anm. 2).

2) Außer wenn „das der Mannigfaltigkeit zugrunde liegende Wirkliche eine diskrete Mannigfaltigkeit bildet". Riemann a. a. O. S. 268.

besteht; und zwar sahen wir, wird die Willkürlichkeit der Form, die wir diesem Gesetzeszusammenhang zuschreiben wollen, wesentlich durch die Forderung eingeschränkt, daß alle durch das I. Prinzip begründeten gleichwertigen Skalen ($x^* = \xi x$) zu gleichwertigen neuen Maßbestimmungen führen sollten. Dadurch reduzierte sich die Willkürlichkeit der Maßfunktion auf die Willkürlichkeit des Exponenten und Proportionalitätsfaktors im Ausdruck αx^β.

So messen wir beispielsweise die Zeit durch Rekursion auf eine Längenmessung unter Benutzung jenes empirischen Gesetzes, welches als Galileisches Trägheitsgesetz bekannt ist. Es ist allerdings Konvention, wenn wir behaupten, daß bei kräftefreier Bewegung jeder Körper in gleichen Zeiten t auch gleiche Räume s zurücklegt; denn die Definition der gleichen Zeitintervalle stützt sich auf diese Behauptung. Aber diese konventionelle Aussage ist ihrerseits nur möglich, wenn bei allen kräftefrei sich bewegenden Körpern in denselben Zeitintervallen proportionale Wege zurückgelegt werden. Es steht uns nun zunächst frei, irgendeine Funktion des Weges $f(s)$ als Maß der Zeit zu definieren. Verlangen wir aber, daß diese Definition bis auf die Einheit der Zeit unabhängig von der Einheit der Länge sei, daß wir also dieselbe Zeiteinteilung bei Anwendung von Zentimetern, Zoll oder Metern erhalten, so können wir $f(s)$ nicht ganz beliebig wählen. Wir sahen, daß die allgemeinste diesen Anforderungen gegenüber invariante Beziehung $f(s) = \alpha s^\beta$ lautete.

(Fortsetzung folgt.)

BESPRECHUNGEN.

A. Schau, Festigkeitslehre. Aus Natur und Geisteswelt. Bd. 829. 2. Aufl. 8°. 112 S. Mit 119 Fig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner. 1921. M. 2.80, geb. M. 3.50 u. Teuerungszuschlag.

Die neue Auflage ist durch Anwendungen aus dem Maschinenbau bereichert.

Die vielen Beispiele, durch Figuren erläutert, machen den Wert des Büchleins aus.

Kenntnis der Differentialrechnung ist für das Verständnis der Entwicklungen nicht notwendig.

Moos.

P. Niggli, Lehrbuch der Mineralogie. I. Auflage. 8°. XII u. 694 S. Mit 560 Figuren im Text. Berlin, Gebrüder Borntraeger. 1920.

Das vorliegende Lehrbuch der Mineralogie bedeutet eine wirkliche Neuschöpfung; überall kann man ein zielbewußtes Sich-Lostrennen von den Konventionen der üblichen mineralogischen Didaktik verspüren. Was unser Interesse vor allem fesselt, ist einerseits der neu gefundene Weg der Darstellung, der einen besonders bemerkenswerten pädagogischen Versuch bedeutet, andererseits aber die Tatsache, daß die ganze Umordnung des Stoffes als symptomatisch für die Tendenzen der modernen Mineralogie aufzufassen ist. Ein „spezieller", also beschreibender Teil ist nicht aufgenommen worden; demgegenüber sind im weitesten Umfange praktische Beispiele, Zahlenwerte usw. dem Texte beigefügt, die, zusammengefaßt, über alle häufigeren und manche selteneren Mineralien ausgiebig informieren. Die vorgenommene (in manchen Teilen sogar sehr bedeutende) Neuorientierung des Stoffes erstrebt vor allem, tatsächlich fundamentale und entwicklungsfähige Begriffe an die Spitze zu stellen, die dann ihrerseits ein folgerichtiges Aufbauen gestatten. So eignet sich das Buch gleich gut zum Nachschlagen wie zum systematischen Studium.

Ein besonders charakteristischer Zug der Darstellungsart ist das nachdrückliche Betonen des kristallstrukturellen Momentes. So erhält der kristallographische Teil ein ganz spezifisches Gepräge dadurch, daß er auf dem raumgitterartigen Bau der kristallisierten Materie (mit ihren Attributen: Homogenität und Anisotropie) fußt, was eine streng systematische und überaus einfache Ableitung der Symmetrieelemente und deren Kombinationsmöglichkeiten gestattet. Die 32 Symmetrieklassen der gewöhnlichen Kristallographie (des Scheinkontinuums) erscheinen so als Sonderfälle der 230 Raumgruppen des Diskontinuums. Besonders wertvoll ist das Betonen der Abhängigkeitsverhältnisse der Symmetrieelemente von einander. Bei der Besprechung der Formen sind alle 2- 3- 4- usw. Flächner zu Gruppen vereinigt, was das Verständnis jeder einzelnen Form zweifellos fördert, doch vermißt man ungern zusammenfassende Darstellungen der Formen nach Symmetrieklassen, da das richtige Beurteilen einer Kombination wesentlich auch solche Kenntnisse verlangt. Auch in den späteren Teilen des Buches wird sehr häufig an die Struktur appelliert, und es gehören die Erläuterungen über die Beziehungen zwischen Kristallstruktur einerseits und Morphologie, Wachstumserscheinungen, chemischer Konstitution, Polymorphismus usw. andererseits zu den interessantesten des ganzen Buches.

Der Abschnitt „Kristallphysik" gewinnt wesentlich durch das Betonen der Beziehungen zwischen Kristallsymmetrie und Symmetrie des physikalischen Vorgangs an sich, die in ihrer Wechselwirkung zu einer Neugruppierung der Kristallklassen führen. Speziell zum besseren Verständnis der Optik dürfte eine solche allgemeine Einleitung sehr viel beitragen, da manche Phänomene wie die Dispersionserscheinungen usw. sich aus solchen Überlegungen heraus als Folgen ganz allgemeiner Prinzipien ergeben. Der kristalloptische Teil kann auch dem Mikroskopiker als sehr gründliche und praktische Anleitung zu seinen Arbeiten bestens empfohlen werden. Auch die Methoden der experimentellen Strukturbestimmung werden in einem Abschnitt erörtert, in welchem auf die fundamentalen Tatsachen und Formeln der Röntgenometrie der Kristalle, sowie auf die verschiedenen Arten ihrer Anwendung eingegangen wird.

In dem sehr inhaltsreichen Kapitel „Mineralchemie" werden neben den rein chemischen Fragen noch die für Mineralogie und Petrographie wichtigen physikalisch-chemischen Prinzipien behandelt, wobei gerade in diesem Teile die Zahl der konkreten Beispiele sehr beträchtlich ist. Eine Fülle von Mineralien werden mit ihren morphologischen, strukturellen usw. Eigenschaften angeführt, was einerseits der Klarlegung der ausgedehnten Bedeutung von Isomorphie und Polymorphie zugute kommt, andererseits aber auch in gewissem Maße den Ersatz für einen beschreibenden Teil bietet. Ganz modern ist die Verwendung von Koordinationsformeln für die Mineralien, welche, wenn auch größtenteils hypothetischer Natur, doch im letzten (petrogenetischen) Teile, so z. B. bei den „Silifizierungsreihen" sehr gute Dienste leisten.

In dem letzten Teile (Entstehung und Zusammenvorkommen der Mineralien) wird etwas geboten, das, in dieser ausführlichen Behandlung wenigstens, für eine allgemeine Mineralogie durchaus neu ist. Einer Darstellung dieses Themas stehen große Schwierigkeiten im Wege, wenn nicht spezielle Kenntnisse der Physiographie vorausgesetzt werden dürfen, was das stete Fehlen dieses wichtigen Gegenstandes in den Lehrbüchern erklären mag. Hier sind, auch unter Berücksichtigung regionaler Verhältnisse, Petro- und Minerogenesis und Paragenesis zu einem bewundernswert einheitlichen und übersichtlichen Ganzen verarbeitet worden; gerade die Tatsache, daß mit den Kenntnissen, wie sie aus den früheren Kapiteln des Buches hervorgehen, an eine solche Aufgabe herangetreten werden kann, beweist die Zweckmäßigkeit und Zielsicherheit der ganzen Anlage und deren Ausarbeitung.

R. L. Parker.

Erich Marx, Handbuch der Radiologie. Band I. (J. S. Townsend, Ionisation der Gase; H. Geitel, Radioaktivität der Erde und der Atmosphäre. gr. 8°. XVII u. 473 S. Mit 166 Figuren im Text. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1920. Geh. M. 72.—, geb. M. 80.—.

Der Artikel von Townsend in dem vorliegenden Band I des Marxschen Handbuches bildet das Fundament des ganzen Kompendiums. Es wird ausführlich die Ionisation der Gase behandelt. Die einzelnen Kapitelüberschriften geben eine Anschauung von dem Umfang der behandelten Materie: II. Die Methoden der Ionenerzeugung in Gasen; III. Die Bewegung der Ionen in Gasen; IV. Die Geschwindigkeit der Ionen im elektrischen Feld; V. Diffusion der Ionen; VI. Rekombination; VII. Die Bildung von Nebeln und die Bestimmung der Atomladung; VIII. Ionisation durch den Stoß der negativen Ionen; IX. Ionisation durch den Stoß der positiven Ionen; X. Entladung zwischen Leiter von verschiedenen Formen; XI. Entladungsröhren.

Es ist selbstverständlich, daß dieses Gebiet durch einen Forscher vom Range Townsends, der an der Entwicklung der behandelten Dinge führend beteiligt war, erstklassig dargestellt wird. Besonders schön ist die innige Durchdringung des Experimentes mit den theoretischen Überlegungen durchgeführt. Aber trotzdem lassen sich einige Einwendungen machen. Der Artikel von Townsend fällt mehr oder weniger aus dem Rahmen des ganzen Werkes heraus, indem nicht, wie in den übrigen Teilen des Handbuches (z. B. in dem unübertroffenen Artikel von Hallwachs), das gesamte Wissen auf dem behandelten Gebiet zu einem bestimmten Zeitpunkt dargestellt wird. Die Ausführungen Townsends schließen sich meistens ziemlich eng seinen eigenen speziellen Untersuchungen an; etwa von anderer Seite aufgestellte Theorien oder ausgeführte Experimente werden überhaupt gar nicht erwähnt. Beispiele hierfür sind: Die Theorie der Spitzenentladung von J. J. Thomson, die Frage nach der Existenz von Subelektronen, die Ionisation bei elastischem Stoß, alles Dinge, die bei Fertigstellung des Manuskriptes (1914) schon bekannt waren. Diese Beispiele könnten noch sehr vermehrt werden. Mit einem Wort, die allgemeine Literatur des Gebietes ist in gar keiner Weise irgendwie vollständig berücksichtigt.

Aber trotzdem, oder gerade deshalb hat man bei dem Lesen des Townsendschen Artikels einen besonderen Genuß, da die Materie im besten Sinne persönlich behandelt wird; es ist die Langweiligkeit der objektiven Darstellung vermieden, allerdings, wie mir scheint, zum Nachteil eines „Handbuches".

Der Abschnitt von Geitel, Radioaktivität der Erde und der Atmosphäre ist ausgezeichnet. Er behandelt das Gebiet in der interessantesten Weise, dazu aber, im Gegensatz zu Townsend, in absoluter Vollständigkeit. Daß sich der Inhalt mit dem des Kapitels XIX des II. Bandes (Verfasser Rutherford) zum Teil deckt, ist kein Nachteil.

Eigentlich ist es ja überflüssig, die Bände des Marxschen Handbuches in dieser Zeitschrift zu besprechen, denn das Werk gehört in die Bibliothek eines jeden Physikers, wie jeder Physiker schon lange weiß.

Edgar Meyer.

M. v. Laue, Die Relativitätstheorie. Zweiter Band: Die allgemeine Relativitätstheorie und Einsteins Lehre von der Schwerkraft. XII u. 276 S. Mit 23 Abb. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. 1921. Geh. M. 19.20, geb. M. 23.— u. 100% Teuerungszuschlag.

Dies Buch liefert eine sorgfältige Ausführung und Bearbeitung des Gegenstandes sowohl in physikalischer wie in mathematischer Hinsicht. Der Leser wird direkt verwöhnt. Alles wird streng bewiesen, z. B. die Einzigkeit der Invariante R des Krümmungsmaßes wie des Tensors R_{ik}. Eine kinematische und mathematische Begründung dafür, daß das Quadrat des Linienelementes eine quadratische Form der Koordinatendifferentiale ist. Ferner die Ableitung, daß die Lichtstrahlen geodätische Nullinien sind, aus den Maxwellschen Gleichungen und dergleichen mehr. Auch wird für die Anschauung gesorgt durch Einfügung eines besonderen Kapitels „Über die nichteuklidische Geometrie" als Vorbereitung zur abstrakten Riemannschen Geometrie. Ferner wird die Kausalität in Hilbertscher Weise gepflegt. Allerdings muß der Leser ein wenig Geduld aufbringen. Wenn er sich aber schon einmal mit der Darstellungsweise des Verfassers im ersten Bande „Über spezielle Relativitätstheorie" befreundet hat, so wird er auch den zweiten Band verdauen können. Das Buch ist genetisch gehalten.

Kapitel I behandelt die experimentellen und theoretischen Versuche über die Schwerkraft, welche zur Relativitätstheorie führten und eine sehr sorgfältige, objektive Darstellung der experimentellen Ergebnisse über die „Einstein-Effekte".

Kapitel II. Die Entwicklung des Gedankens der allgemeinen Relativitätstheorie.

Kapitel III. Die Mathematik. Die Theorie von Tensoren und Vektoren.

Kapitel IV. Die liebe Anschauung. Nämlich „nichteuklidische Geometrie" mit hübschen Figuren.

Kapitel V. Die Physik. Eine ausführliche Diskussion über den Energieimpuls Pseudotensor t_α^β der Gravitation.

Kapitel VI. Anwendungen. Statische Felder. Rotverschiebung, angenäherte Lösungen, Gravitationswellen.

Kapitel VII. Strenge Lösungen. Die Krümmung der Lichtstrahlen im Schwerefelde.

Kapitel VIII. Mies Theorie der Materie.

1. in der beschränkten Relativitätstheorie.

2. in der allgemeinen Relativitätstheorie nach Hilbert. J. Grommer.

M. C. Neuburger, Das Problem der Genesis des Actiniums. Sonderausgabe aus der Sammlung chemischer und technisch-chemischer Vorträge. Band XXVI. 64 S. Stuttgart, Ferdinand Enke. 1921. M. 5.—.

Es ist sehr zu begrüßen, daß sich der Verfasser die Mühe genommen hat, sämtliche neueren Arbeiten über die *Ac*-Reihe zu sammeln und kritisch zu durchmustern. Dadurch wird auch dem Fernstehenden klar gemacht, daß in dieser radioaktiven Familie noch eine Reihe von Problemen, sowohl theoretischer, wie experimenteller Natur der Aufklärung harren.

Ein einleitender historischer Überblick orientiert über die Forschungsergebnisse bis zur Entdeckung des *Pa*; vor allem über die früheren (ergebnislosen) Versuche zur Auffindung des Mutterelementes des *Ac*. Der nächste Abschnitt ist der Entdeckung des *Pa* gewidmet und den damit im Zusammenhang stehenden Fragen über das Abzweigungsverhältnis der *Ac*-Reihe, sowie über die Halbwertszeit des *Ac*. Auch die neueren Versuche über die Konstanz des Verhältnisses *Ac U*, sowie *UX UY* finden hier Berücksichtigung. Ferner werden die Untersuchungen von Hahn, die zur Entdeckung des *UZ* geführt haben, besprochen und daran anschließend eine Reihe von Zerfallsschemata diskutiert.

In einem folgenden Abschnitt wird der Ursprung der *Ac*-Reihe behandelt. Von den beiden prinzipiell verschieden Anschauungen, wonach entweder die *Ac*-Reihe eine selbständige Reihe sei (*Ac U* Hypothese von A. Piccard) oder daß *Ac* und *U* in genetischem Zusammenhang stehen, wird die erstere ziemlich rasch abgetan, obwohl gerade diese Anschauung einerseits manche Schwierigkeiten der Hypothese des genetischen Zusammenhanges vermeidet (kein dualer α-Strahlenzerfall, keine Isotopen höherer Ordnung) und anderseits mit keinen experimentellen Tatsachen in Widerspruch steht, sofern man das Atomgewicht des *Ac U* entweder zu 235 annimmt oder aber zu 239, wenn noch bisher unbekannte Glieder vorhanden sind.

Sehr einläßlich spricht der Verfasser über die aus der Theorie des genetischen Zusammenhanges von *Ac* und *U* folgenden Anschauungen, so über die verschiedenen Theorien des dualen α-Strahlenzerfalls. Zunächst wird über die Möglichkeit gesprochen, daß eines der α-Teilchen ein Isoheliumteilchen (von der Masse 3) sei. Auch die neueren Untersuchungen über dieses α_2-Teilchen sind da zusammengestellt. Ferner wird das Meitnersche Kernmodell einläßlich behandelt, sowie auch die darauf aufbauende Theorie der Isotopen höherer Ordnung von Neuburger.

Bekanntlich gibt es in der *Ac*-Reihe noch weitere Unregelmäßigkeiten (beim *RaAc* und *AcX*), die zum Teil die Vermutung nahe legen, daß noch neue, bisher unbekannte Radioelemente vorhanden seien. Die diesbezüglichen Untersuchungen von Meyer, die der Auffindung solcher neuer Körper galten, werden übersichtlich zusammengestellt und diskutiert.

In einem Anhang gibt der Verfasser eine Zusammenstellung der radioaktiven Konstanten der *Ac*-Reihe nach dem neuesten Stand der Forschung, die dem Fachmann manche Erleichterung im Rechnen gewährt.

Das Büchlein ist allen denjenigen, die sich mit den Fragen über die *Ac*-Reihe und damit der radioaktiven Zerfallsreihen überhaupt beschäftigen, sehr zu empfehlen. An Hand desselben kann man sich leicht über den heutigen Stand der Forschung auf diesem Gebiete orientieren und manche Anregung für selbständiges Arbeiten daraus entnehmen. E. Stahel.

H. Lüppo-Cramer, Kolloidchemie und Photographie. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. VIII u. 112 S. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff. 1921. M. 28.—.

Die Theorie photographischer Vorgänge hat wesentliche Förderung erfahren durch die Erkenntnis, daß es sich dabei vielfach um Reaktionen zwischen Kolloiden bzw. an Kolloiden handelt und daß die eintretenden Verbindungen nicht chemisch-stöchiometrische, sondern Adsorptionsverbindungen sind. Lüppo-Cramer hat zu dieser Erkenntnis seit Jahren in unermüdlicher Arbeit beigetragen, seine zahlreichen Beobachtungen aber in einer schwer übersehbaren Fülle von Veröffentlichungen noch dazu an verschiedenen Stellen niedergelegt. In der vorliegenden Schrift hat er die wichtigsten seiner Resultate zuerst 1908 vereinigt, wobei er einleitend eine Einführung in die allgemeine Kolloidchemie gab. Diese durch das Erscheinen anderer Werke jetzt überflüssig gewordene Einleitung hat er in der zweiten Auflage zugunsten neuen Materials fallen lassen. Es wird gleich das kolloidale Silber und seine Wirkung als optischer Sensibilisator behandelt, weiter die Kolloidchemie des Halogensilbers. Sodann die Photohaloide und das latente Lichtbild als Adsorptionsverbindungen, wobei für den Leserkreis dieser Zeitschrift von besonderem Interesse das Kapitel über die physikalischen Veränderungen durch Licht und andere Strahlungen sein dürfte. Der Verfasser gelangt hier zu dem Schluß, daß Licht und Röntgenstrahlen qualitativ gleichartig auf das Bromsilber wirken und daß nur die Keime im letzteren Falle feiner verteilt sind. Der Referent vermißt dabei aber einen Versuch zur Deutung des Unterschiedes im Verlauf der Schwärzungskurven bei Licht ($i\tau = \text{const}$) und bei Röntgenstrahlen ($i\tau = \text{const}$). — Es folgt die Entwicklung als Keimreagens, ein Kapitel über Adsorptionserscheinungen, über die Reaktionen der Keimbloßlegung, über räumliche Verschiedenheiten bei der Entwicklung. Endlich wird in ausführlicher Darlegung der wohl erheblichste Fortschritt behandelt, den die Praxis der Photographie in der letzten Zeit gemacht hat und den man dem Verfasser verdankt: die Desensibilisierung, durch die die Entwicklung selbst hochempfindlicher Platten bei hellem gelben Licht möglich geworden ist. Anhangsweise wird dann noch der interessante Fund erörtert, daß durch Farbstoffe nicht nur die bekannte Sensibilisierung für Licht größerer Wellenlängen erzeugt werden kann, sondern auch eine Steigerung der Eigenempfindlichkeit im Blau, so daß sich da ein Weg andeutet zur Lösung des alten Problems, hochempfindliche Platten ohne die mit der unerwünschten Kornvergrößerung verbundene Reifung der Emulsion zu erhalten. A. Coehn.

Gustav Mie, Die Einsteinsche Gravitationstheorie. IV u. 67 S. Leipzig, S. Hirzel. 1921. M. 14.—.

Der Verfasser beginnt mit einigen allgemeinen Überlegungen, die die Möglichkeit betreffen, sich in Raum und Zeit zu orientieren. Es wird dargelegt, wie man imstande ist, ein Raum-Zeit-Koordinatensystem zu konstruieren, immer geleitet von dem metaphysischen Prinzip der Naturforschung, es müsse eine die menschliche Vernunft befriedigende einfachste Darstellung der Erscheinungen geben. Aber im Gravitationsfeld erfahren alle Körper eine Änderung. So werden nun auch die Körper, die zur Festlegung von Bezugssystemen dienen können, durch Gravitationsfelder beeinflußt. Weil jedoch alle Instrumente in einem kleinen Gebiet in entsprechender Weise verändert werden, ist es unmöglich, durch Messungen den Wert des Gravitationspotentials festzustellen. Dieses Prinzip nennt der Verfasser das Prinzip von der Relativität des Gravitationspotentials. Es ergibt sich somit eine Unterscheidung zwischen natürlich gemessenen Größen, die mit den durch das Gravitationsfeld veränderten Maßstäben festgestellt werden und vernunftgemäß gemessenen Größen, bei deren Ermittlung unsere Kenntnis von dem Vorhandensein eines Gravitationsfeldes verwertet wird. Während sich nun das Prinzip von der Relativität des Gravitationspotentials auch in anderen Gravitationstheorien vertreten läßt, ist die Einsteinsche ausgezeichnet durch das Prinzip von der Relativität des Gravitationsfeldes, wonach sich bei Beschränkung auf kleine Bezirke auch das Vorhandensein eines Gravitationsfeldes der Feststellung entzieht. Freilich ist es unmöglich, für beliebig große Gebiete natürliche Koordinatennetze zu konstruieren, wie an einem Beispiel gezeigt wird.

Der Satz von der Relativität des Gravitationsfeldes ist aber gar nichts anderes als der Satz von der allgemeinen Transformierbarkeit der Koordinatensysteme. Dem Mathematiker liegt es näher, die Einsteinsche Theorie in dieser Form auszusprechen. Das bringt aber, nach Ansicht des Verfassers, die Gefahr mit sich, die physikalische Bedeutung des Prinzips mißzuverstehen. Gegenüber der extrem relativistischen Auffassung, daß alle Koordinatensysteme gleich berechtigt sind, hält der Verfasser daran fest, daß einige vor der Vernunft als unmöglich erscheinen, selbst wenn auf sie bezogen die Naturgesetze dieselbe Form haben wie in dem zulässigen. (Man wird indes, so möchten wir sagen, auch von relativistischer Seite nicht bestreiten, daß es ausgezeichnete Systeme in der Welt gibt; aber man wird diese Auszeichnung als Wirkung des Fixsternhimmels ansehen und der Ansicht sein, daß in der Relativitätstheorie eine Aussage auch darüber enthalten ist, wie die Welt sich verhalten würde, wenn die Fixsternverteilung eine andere wäre, wobei das tatsächliche Eintreten einer solchen anderen Verteilung in der Zeit nicht einmal von vornherein als ausgeschlossen gelten kann. Vom physikalischen Standpunkt aber wird man natürlich gern zugeben, daß gegenwärtig gewissen Bezugssystemen eine bevorzugte Wichtigkeit zukommt.)

Im übrigen liegt dem Verfasser überhaupt daran, daß das Mathematische der Theorie das Physikalische nicht überwiegt. Wenn der Unterschied zwischen natürlichen und rationellen Koordinaten dadurch erklärt wird, daß im Gravitationsfeld die zur Messung dienenden Körper eine Veränderung erfahren, so wird dieser Standpunkt für den Physiker besonders anschaulich sein, in dem Sinne wie es etwa die Theorie der Lorentz-Kontraktion war. Eine solche Auffassung scheint auch geeignet, dem Nicht-Fachmann das Verständnis der neuen Gravitationstheorie näher zu bringen. So wendet sich auch das Buch ausdrücklich an einen größeren Kreis. Aber es verzichtet in keiner Weise auf Wissenschaftlichkeit, wie es auch in philosophischem (Kantischem) Geiste geschrieben ist. Die Anforderungen an Wissenschaftlichkeit sind so wenig herabgemindert, daß der Referent eher den Eindruck hat, als ob dem Laien vieles unverständlich bleiben müßte. Dafür wird der Physiker vom Fach in der Schrift mehr Belehrung und Anregung finden als in den meisten anderen gemeinverständlichen Darstellungen. Im übrigen ist bei der Behandlung der Gravitation mehr Wert auf die Frage gelegt, wie die Körper sich im Gravitationsfeld verhalten als umgekehrt wie dieses von Körpern erzeugt, was man im Interesse der Vollständigkeit bedauern könnte, aber doch wieder der Einheitlichkeit zugute kommt, in deren Mittelpunkt ein bestimmtes Prinzip gestellt ist. P. Hertz.

R. Ruer, Metallographie in elementarer Darstellung. 2. Auflage. gr. 8°. X u. 347 S. Mit 140 Abbildungen und 5 Tafeln. Leipzig, Leopold Voß. 1922. M. 120.—, geb. M. 140.—.

Als im Jahre 1907 die erste Auflage des Werkes erschien, bestand die Metallographie fast ausschließlich in der Erforschung der Konstitution der Metallegierungen und für diese Untersuchungen hatte sich die „thermische Analyse" als besonders fruchtbar erwiesen. So war es ein großes Verdienst des Verfassers, in vorbildlicher, außerordentlich klarer, exakter und verständlicher Weise die Grundlagen dieser Art der Konstitutionsforschung behandelt zu haben. Die anderer Methoden, sowie die praktische Anleitung zu metallographischen Arbeiten wurden dabei nur nebensächlich, aber in der Art des Verfassers in ebenfalls gründlicher und klarer Weise behandelt. Die Neuauflage hat nun, ohne das Thema zu erweitern an verschiedenen Stellen neue Forschungen berücksichtigt. Besonders das Kapitel über das Eisenkohlenstoffdiagramm ist wesentlich erweitert worden. Auch die theoretischen Gesichtspunkte, die bei der Auffindung des d-Eisens durch den Verfasser sich ergaben, sind behandelt.

Auch in der neuen Form wird das Lehrbuch allen denen ein vorzüglicher Wegweiser sein, die sich in die Konstitutionsforschung einarbeiten wollen, es darf allerdings nicht verschwiegen werden, daß der Begriff „Metallographie" sich heute so wesentlich erweitert hat, daß die Kenntnis dieser einen Seite der Forschung allein heute für einen Metallographen nicht mehr genügen dürfte. W. Fraenkel.

F. Wüst und R. Durrer, Temperatur-Wärmeinhaltskurven wichtiger Metallegierungen. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 241. 46 S. Mit 70 Abb. Berlin, Verein Deutscher Ingenieure und Julius Springer. 1921. M. 38.—.

Im Jahre 1918 erschien von F. Wüst, H. Meuthen und R. Durrer der erste Teil dieser Veröffentlichungen, der die Temperatur-Wärmeinhaltskurven einer größeren Anzahl technisch wichtiger Metalle (Eisen, Chrom, Molybdän, Wolfram, Platin, Zinn, Wismut, Kadmium, Blei, Zink, Antimon, Aluminium, Silber, Gold, Kupfer, Mangan, Nickel und Kobalt) enthielt. Mit einer Apparatur, die im wesentlichen aus einem Eiskalorimeter mit einem elektrischen Vakuumofen (nach

Oberhoffer) besteht, wurden Bestimmungen der spezifischen Wärmen und der Schmelz- und Umwandlungswärmen bei den oben erwähnten Metallen durchgeführt, und zwar zwischen 0 und 1000°, bisweilen sogar bis 1250° oder 1600° gehend.

Das vorliegende Heft bringt nun im Anschluß an diese Messungen dieselben Bestimmungen mit im wesentlichen derselben Apparatur für eine Reihe binärer Legierungen, und zwar für die Systeme Blei—Antimon und Wismut—Kadmium, die im flüssigen Zustande vollständige Mischbarkeit, im festen praktisch vollständige Unmischbarkeit zeigen, für das System Gold—Silber, das im festen und flüssigen Zustand vollständige Mischbarkeit und für das System Blei—Wismut, das im flüssigen Zustande vollständige, im festen begrenzte Mischbarkeit zeigt.

Als allgemeines Resultat wurde gefunden, daß die Wärmeinhalte und somit auch die Wärmetönungen und die spezifischen Wärmen sich aus den entsprechenden Eigenschaften der reinen Komponenten nach der Mischungsregel berechnen lassen. Erwähnt sei noch, daß nach dieser Methode die Soliduskurve bei Gold—Silber wesentlich tiefer gefunden wurde, als nach der Methode der Abkühlungskurve.

Man kann den Verfassern sehr dankbar sein für die große selbstlose Mühe, der sie sich unterzogen haben, um diese wichtigen Konstanten experimentell exakt zu bestimmen und für bestimmte Legierungstypen (ohne Verbindungsbildung) ein einfaches Gesetz mit praktisch genügender Genauigkeit gefunden zu haben, mit dem der Metallkunde und der Legierungstechnik sehr gedient sein wird. W. Fraenkel.

W. Gerlach, Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie. 8°. VIII u. 143 S. Mit 43 Abbildungen. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. 1921. M. 12.— u. Teuerungszuschlag.

Das vorliegende Buch stellt sich die Aufgabe, über die bisher durchgeführten experimentellen Prüfungen der Quantentheorie zu berichten, soweit sie sich auf Probleme der modernen Atomtheorie bezieht.

Nach einer kurzen Einführung in die Rutherford-Bohrschen Vorstellungen über den Bau der Atome werden in den ersten drei Kapiteln die Untersuchungen behandelt, die sich mit der Anregung und Deutung der optischen Spektren befassen.

Die zwei folgenden Kapitel sind den Arbeiten auf dem Gebiete der Röntgenspektren gewidmet, die beiden letzten dem Photoeffekt und den photochemischen Erscheinungen.

Jeder Abschnitt bringt nach einer kurzen Darlegung des jeweiligen Problems eine übersichtliche Beschreibung der verwendeten Methoden und der damit erzielten Resultate. Die einschlägige Literatur ist am Ende der Kapitel zusammengestellt.

Das Buch enthält auf knapp 150 Seiten eine große Fülle von Tatsachen und wird jedem, der sich in den behandelten Gebieten orientieren will, ein sehr erwünschtes Hilfsmittel sein. Die große Reichhaltigkeit des Inhalts auf so beschränktem Raum bedingt eine sehr gedrängte Darstellung, die dem mit dem Gebiet nicht Vertrauten mitunter das Verständnis etwas erschweren dürfte. Dasselbe gilt von einigen leicht auszumerzenden Druckfehlern. Beides könnte in einer Neuauflage wohl ohne Schwierigkeit vermieden werden. Meitner.

Wolfgang Ostwald, Kleines Praktikum der Kolloidchemie. Mitbearbeitet von Paul Wolski. XII u. 159 S. Mit 14 Textfiguren. Dritte Auflage. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff. 1922. Geh. M. 20.—.

Bei dem Interesse, welches insbesondere die optischen und die elektrischen Eigenschaften kolloidaler Lösungen für den Physiker bieten, sei auch an dieser Stelle auf das Neuerscheinen des kleinen Praktikums von W. Ostwald hingewiesen. Es lehrt die wichtigsten Eigenschaften der Kolloide kennen an der Hand einfacher Versuche und vermittelt so eine gute Orientierung über das für Theorie und Technik als immer bedeutungsvoller sich erweisende Gebiet.

A. Coehn.

Zech-Cranz, Aufgabensammlung zur theoretischen Mechanik nebst Auflösungen. 4. Aufl. herausg. v. Prof. O. Ritter v. Eberhard. gr. 8°. VII u. 300 S. Mit 196 Fig. Stuttgart, J. B. Metzlersche Verlagsbuchh. 1920. M. 35.—, geb. M. 40.—.

Die Punktmechanik macht immer noch die Hauptsache des Buches aus. Aber auch die Dynamik starrer Körper wird ausführlicher behandelt, besonders die ebene Bewegung. Neu sind Beispiele zum Prinzip der virtuellen Verschiebungen und besonders zu begrüßen die Grundzüge der Vektoranalysis. Moos.

Personalien.

(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Der a. o. Professor der theoretischen Physik Dr. Arthur Schulze an der Universität Marburg zum ord. Professor daselbst, der Privatdozent der Mathematik Dr. Th. Kaluza an der Universität Königsberg zum a. o. Professor daselbst, der Professor der anorganischen Naturwissenschaften an der Forstlichen Hochschule in Eberswalde Dr. Karl Gustav Schwalbe zum Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Berlin, der Privatdozent für Experimentalphysik an der Universität Göttingen Dr. Walter Grotrian zum Observator am Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam, der Privatdozent Dr. H. Remy an der Universität Göttingen zum a. o. Professor für analytische Chemie an der Universität Hamburg.

Berufen: Der ord. Professor der Elektrochemie und physikalischen Chemie an der Technischen Hochschule Dresden Dr. Erich Müller in gleicher Eigenschaft auf den Lehrstuhl für anorganische und technische Chemie an der Technischen Hochschule in Stuttgart, der a. o. Professor der Chemie an der Universität Hamburg Dr. M. Volmer zum ord. Professor an der Technischen Hochschule in Berlin.

Gestorben: Der Physiker der schwedischen Akademie der Wissenschaften in Stockholm Professor Klas Bernhard Hasselberg, der ord. Professor der allgemeinen und anorganischen Chemie an der Universität Tübingen Dr. Wilhelm Wislicenus, der ord. Professor der Physik an der Technischen Hochschule Karlsruhe Dr. Otto Lehmann, der ord. Professor der Physik an der Technischen Hochschule Dresden Geh. Hofrat Dr. Haltwachs, der Radiologe Professor A. Coppola in Castellamare.

Für die Schriftleitung verantwortlich Dr. Erich Hückel in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

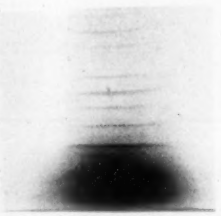


Fig. 2.

Fig. 4.

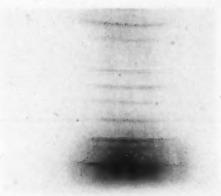


Fig. 6.

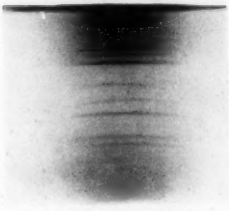


Fig. 1.

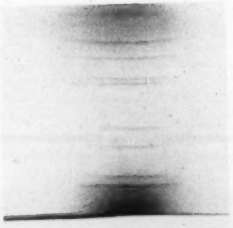


Fig. 3.

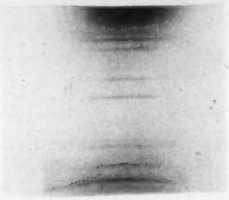


Fig. 5.

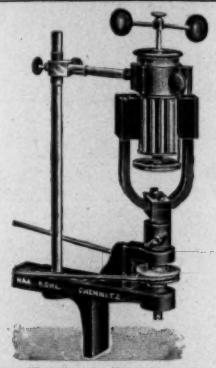
H. Küstner, Scharfe Spektrallinien bei kurzer Expositionszeit nach der Debye-Scherrer-Methode.

Verlag von S. Hirzel in Leipzig.

OBERLIN
COLLEGE
LIBRARY

Max Kohl A.G. Chemnitz

Volleingezahltes Kapital Mk. 2400000.



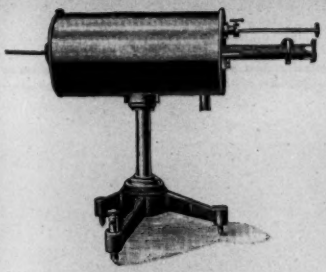
52068. Modell eines Kurzschlussankers nach Friedr. C. G. Müller, für die Schwungmaschine.

Physikalische Apparate

Funken-Induktoren
Ölluftpumpen
Experimentier-Schalttafeln
Projektions-Apparate
Laboratorienmöbel

in gediegener Ausführung.

Weltausstellung Brüssel 1910: 4 Grosse Preise; Turin 1911: 2 Grosse Preise; Dresden 1911: Grosser Preis.



Apparate für luftelektrische und radioaktive Untersuchungen.
Normalbatterie für elektrostatische Messungen.
Kondensatoren, Mikrowage.
Erdbebenregistrierapparate.

Spindler & Hoyer G.m.b.H.
Mechan. u. opt. Werkstätten
Göttingen 3.

S. HIRZEL IN LEIPZIG

Professor
Dr. Hugo Dingler

Relativitätstheorie und Ökonomieprinzip

Oktav. 77 Seiten. Preis Mark 30.—

Für Ausland: Schweiz Frcs. 3 60

Arthur Pfeiffer, Wetzlar

Gegründet 1890

Fabrik physikalischer, chemischer und technischer Apparate

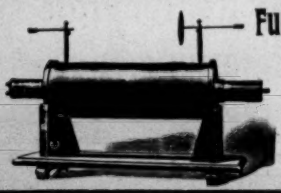
Rotier. Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Pfeiffer. D. R. P.

Spezialfabrik für Hochvakuumpumpen

zu wissenschaftlichen und technischen Zwecken

Alle Arten Luftpumpen, Kolben-Ölluftpumpen, rotierende Ölluftpumpen, rotierende Quecksilberluftpumpen für Betrieb und Laboratorium

Rotierende Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Gaede. D. R. P.



Funkeninduktoren bis 1000 mm Funkenlänge

Normaltypen von 6—1000 mm Funkenlänge mit Unterbrechern aller Art

Spezial-Funkeninduktoren für technische und wissenschaftliche Zwecke

Listen kostenlos von Abteilung E verlangen.

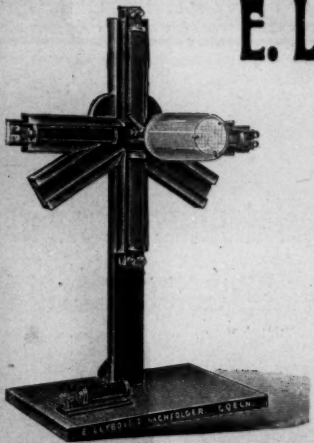
E. Leybold's Nachfolger

Cöln a/Rhein

Fabrik physikalischer Apparate

Zweigniederlassung:

Berlin NW 7, Dorotheenstraße 53



Universalstativ für Braun'sche Röhre nach Simon und Reich.

Projektionsapparate für Diaskopie und Episkopie

Hochvakuumpumpen nach Gaede

Katalog, enthaltend 16000 Nummern, wird Instituten auf Wunsch übersandt.

Für den Anzeigenteil verantwortlich S. Hirzel in Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.